

# オフィスおよび在宅勤務におけるヒトの主観的快適性の評価構造とタイプ分類

栗原幸大<sup>1)</sup>, 弓削政郎<sup>1)</sup>, 杉本匡史<sup>2)</sup>, 張帆<sup>2)</sup>, 長田典子<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町8-1-1

<sup>2)</sup>関西学院大学 工学部 〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原1番

## Evaluation Structure and Individual Types in Office and Remote Work

Kota KURIHARA<sup>1)</sup>, Seiro YUGE<sup>1)</sup>,

Masashi SUGIMOTO<sup>2)</sup>, Fan ZHANG<sup>2)</sup> and Noriko NAGATA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mitsubishi Electric Corporation, 8-1-1 Tsukaguchihonmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661, Japan

<sup>2)</sup> Kwansai Gakuin University, 1 Gakuenuegahara, Sanda, Hyogo 669-1330, Japan

### 要旨

快適性を向上させるために、温熱や光、音等様々な観点から研究がなされているが、快適かどうかを評価する際に考慮すべき要因の一つとして、例えば暑がりや寒がりといった快適性に対する個人差がある。個人差はオフィス等の多くの個人が使用する環境においては特に問題になる要素であり、個人の快適性がどのような要因によってどのように決定されるのか、すなわち個人差を明らかにすることは、人の快適性をさらに向上できる個人に合わせた快適な空間の創出に貢献できる。

本研究ではアンケート調査を主体として、評価グリッド法および経験サンプリング法を準用した独自の手法により、オフィスおよび在宅勤務の主観的快適性の評価構造を明らかにした。オフィスおよび在宅勤務において、主観的快適性の喚起要因としては温熱要因が大きく影響するが、湿度や光、音、内的要因といった温熱以外の要因の影響が存在することが明らかになった。また、クラスター分析により、影響度の違いによって個人が「内的タイプ」、「バランスタイプ」および「温熱タイプ」の3タイプに分類できることが示唆された。オフィス勤務における予備調査およびサンプルサイズを増やした本調査により、これらの結果の頑健性を示すことができ、在宅勤務においても同様の傾向が確認されたことから、得られた結果が幅広い労働環境に適用できることが示唆された。

### Abstract

To improve comfort, research is being conducted from various perspectives such as heat, light, and sound. One of the factors that should be considered to achieve even higher levels of comfort is individual differences, such as sensitivity to heat or cold. Individual differences are a particularly problematic factor in environments where many individuals exist, such as in offices. By clarifying individual differences in how individual comfort is determined, we can contribute to the challenge of creating comfortable spaces for individuals. In this study, we clarified the cognitive structure of comfort in the office and remote work using a questionnaire survey, evaluation grid method, and experience sampling method. Although thermal factors have a large influence on subjective comfort in the office and remote work, it has been suggested that factors other than thermal factors such as humidity, light, sound, and internal factors also have an influence. Additionally, cluster analysis revealed that individuals can be classified into three types based on the degree of influence "inside type", "balanced type", and "thermal type". The existence of this individual difference indicates that factors that increase comfort differ depending on the individual. The preliminary experiment and the main experiment with a larger sample size in office work demonstrated the robustness of these results. Similar trends were observed at remote work. Therefore, it was suggested that the obtained results are applicable to a wide range of work environments.

**Key words:** オフィス勤務 (Office work), 在宅勤務 (Remote work), 主観的快適性 (Subjective comfort), 主観的生産性 (Subjective productivity), 評価構造 (Evaluation structure), 個人差 (Individual differences)

\*Corresponding author (責任著者) E-mail: Kurihara.Kota@ds.MitsubishiElectric.co.jp, Tel: 06-6497-6313

受付日: 2024年3月21日 (Received: 21 March 2024)

受理日: 2024年8月19日 (Accepted: 19 August 2024)

## 1. 緒言

空調冷熱業界においては、ZEB（Net Zero Energy Building）に代表される省エネ向上に加え、建物内の人の知的生産性の向上や健康増進などを目的とする快適性追求に対する注目が高まっている。これは快適性や健康などに焦点を当てて評価するWELL認証制度が中国や米国をはじめ多くの国で認証件数を増やしており、日本においても認証および登録件数が年々伸長していることから明らかである<sup>1)</sup>。実際に1日の大半を室内で過ごす現代人にとって、快適な室内環境は非常に重要であり、多くの先行研究が室内環境が快適性やそこでの生産性に与える影響を検討している。例えばWyonは室内の空気汚染の程度が目やのど、頭の痛みを引き起こしたり、知的生産性を低下させたりすることを指摘している<sup>2)</sup>。またWargocki *et al.*は室温や音、空気質に対する満足度が、仕事環境に対する満足度に影響を与えていることを示している<sup>3)</sup>。同様に、環境を自分でどの程度コントロールできるか、といった要因が、室内環境に対する評価に影響を与えている<sup>4)</sup>。

この快適性を向上させるために、温熱や光、音、香り等様々な観点から研究がなされているが、快適かどうかを評価する際に考慮すべき要因の一つとして、例えば暑がりや寒がり、静かな環境を好む、集中できる環境を好むといった個人差がある。個人差はオフィス等の多くの個人が使用する環境においては特に問題になる要素であり、個人の快適性がどのような要因によって、どのように決定されるのかに関する個人差を明らかにすることは、人の快適性をさらに向上できる個人に合わせた快適空間の創出という課題解決に貢献できる。

また、COVID-19の感染拡大は労働スタイルに大きな変化をもたらした。多くの企業が在宅勤務を導入することで、これまでは居住空間であった住居が在宅勤務のオフィスとしての機能を併せ持つようになった。この在宅勤務環境における快適性および生産性に関しても、量的・質的な変化が生じていると考えられる。

そこで、本研究ではオフィスおよび在宅勤務の主観的快適性の評価構造を明らかにすることを目的に、アンケート調査を主体として、評価グリッド法および経験サンプリング法を準用した独自の手法により、オフィスおよび在宅勤務における快適性および生産性の程度と喚起要因について評価した結果について

報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 先行研究の課題と解決方法

快適性の客観的指標としてPMV（Predicted Mean Vote, 予想温冷感申告）があるが、人間の室内環境要因の知覚という主観的指標は、PMVのような客観的指標と必ずしも一対一で対応するわけではないと考えられる。Nakanoらは「ちょうどいい」室温の個人差について調査し、日本人女性と外国人男性の間で、最適だと感じる室温に3.1℃の差がみられることを示した<sup>5)</sup>。また、Tanabeらは客観的指標としての単なる室温ではなく、主観的指標としての「室温の評価」がその環境における課題成績に影響を与えることを示している<sup>6)</sup>。さらに室内環境が一定であったとしても、その部屋に入室、滞在、退室するという一連のタイムコースの中で、人間が感じる快適性が変化することが知られている。片平らは入浴時の主観的快適性を実験参加者に回答させ、入浴前から入浴直後にかけて主観的快適性が上昇することを明らかにした<sup>7)</sup>。室内環境における環境要因は、単にその環境が快適か不快かという評価だけではなく、その環境における行動にも影響を与えていると考えられる。

これらの先行研究から、室内環境の快適性や、そこでの生産性を検討する際には、個人差および時系列で発生するイベントの2つの影響を考慮する必要があると考えられる。したがって、本研究では個人差を検討するために評価グリッド法<sup>8)</sup>を参考にし、時系列の影響を検討するために経験サンプリング法<sup>9)</sup>を用いて評価した。

評価グリッド法はニーズを構造的に把握することを目的としたインタビュー手法である。評価グリッド法では認知構造と呼ばれる認知メカニズムを仮定する。認知構造は具体的な理解を下位に、感覚的理解を中位に、抽象的価値判断を上位に置く階層構造であり、人間の行動はこの認知構造によって決定されると想定している。本研究では特定の個人が持つ認知構造のため評価構造と表した。評価グリッド法は構造化されたインタビュー手法であるため、高いスキルを持つインタビュアーなしでも多くのデータを共通の手続きで収集することが可能である。Fig. 1に標準的な評価グリッド法の構造を示す。データはインタビュー形式で収集される。まずインタビュ



じる、「思い出し」の不正確さによる測定バイアス)が入りにくく、回答の歪曲が起こりにくいこと、時間解像度が高く、時間やイベントの影響を測定しやすいこと、複数時点でのデータを測定できるため、日常生活において生じる様々な要因の影響を回避できること、などが挙げられる<sup>13)</sup>。経験サンプリング法を用いて1日の中で複数回にわたってデータを収集することで、主観的快適性の時系列変化およびイベントによる変化を明らかにすることが可能である。本研究では室内環境において検討を行い、実験参加者が専用のメールアドレスとPC端末にアクセス可能であることから、評価グリッド法および経験サンプリング法の手続きを簡略化することでWeb上のアンケートフォームを用いて複数回の回答を得られるようにした。

本研究ではTable 1に示すように計3回のアンケート調査を実施した。1回目は評価グリッド法の準用手法と経験サンプリング法の組み合わせが、室内環境が主観的快適性に与える影響や個人差を評価する手法として妥当か判断するための予備的な調査である。2回目はオフィス環境において、サンプルサイズを増やして実施した調査である。3回目は在宅勤務環境における調査である。

## 2.2 予備調査

評価グリッド法の準用手法と経験サンプリング法を組み合わせ、室内環境におけるヒトの主観的快適性の評価構造が調査可能であるか予備調査を実施した。この検討の参加者はA社の勤務者、B大学の大学生および大学院生の23名(男性14名、女性9名)であり、参加者の平均年齢は32.0歳(21歳から56歳)とした。勤務者と学生を対象としたのは、日常的な生活スタイルが異なる参加者を対象とすることで、得られる知見の外的妥当性を高められるためである。実験はA社の会議室およびB大学の居室内で行った。すべての参加者は居室内に自身の席を持っていた。

実施期間は2018年11月26日から11月28日の3日間であった。参加者に対して一定時刻に回答を依頼するメールを送信して、Google Formsで作成した主観的快適性の評価構造を評価するための回答用Webサイトに誘導し、回答を行わせた。アンケート回答の依頼メールの送信時刻は各日程の10:00, 11:45, 13:30, 15:15, 17:00であり、参加者は回答用Webサイトで回答時点での会議室あるいは居室における主観的快適性などを回答した。この調査における回答様式の模式図について、Fig. 2に示す。

ここでは参加者は、最初に回答時点での主観的快

Table 1 Questionnaire survey composition.

	Survey type	Targeted work styles	
		Office work	Remote work
Survey objective	Preliminary survey	Chapter 2.2 Preliminary survey	—
	Main survey	Chapter 2.3 Survey on office work	Chapter 2.4 Survey on remote work

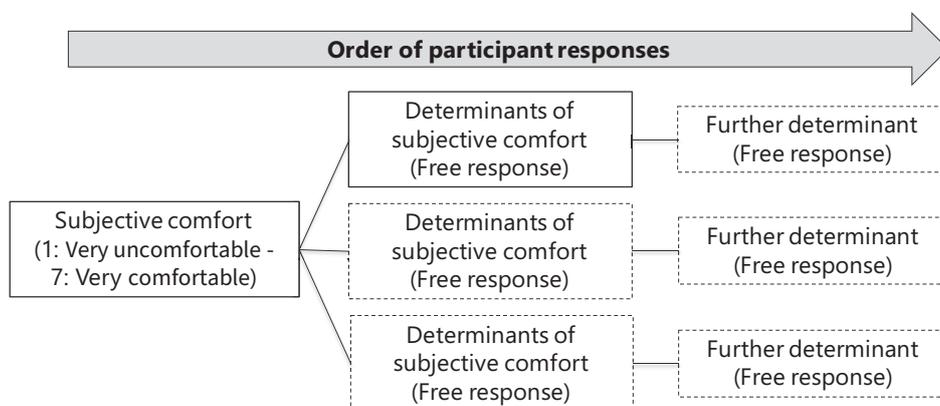


Fig. 2 Schematic diagram of the response form for the evaluation grid method (Solid line nodes require responses, dotted line nodes are optional responses).

適感について7段階（1: とても不快-7: とても快適）で回答した。そのうえで参加者は主観的快適性の決定要因（例：『暑い』ので『とても不快』の『暑い』部分）について自由記述形式で回答した。主観的快適性の決定要因については1回答につき3つまで回答可能であり、快/不快および覚醒/沈静の2軸で感情を定義するコアアフェクトモデル<sup>14)</sup>上での要因の性質推定を行うため、参加者はそれぞれの要因がどの程度、快/不快か、覚醒/沈静かについても5段階で評定した。主観的快適性の決定要因を3つまで回答可能にした理由は、過去の検討時に1つの回答とした際、主観的快適性に影響する要因として温熱環境要因が抽出された一方、客観的な温熱指標であるPMVと主観的快適性の間に一貫した関連性が見られなかったことが挙げられる。そのため、主観的快適性に大きく影響を与える温熱環境以外の回答も抽出するため、複数回答を可能とした。さらに参加者は、主観的快適性の各決定要因に対する決定要因（『冷房が効いていない』ので『暑い』の「冷房が効いていない」部分）を自由記述で回答した。

実験条件の再現性を担保することを目的として、快適性の客観指標としてPMVを算出するため、HD32.3（Delta OHM製）を居室内に1台設置した。HD32.3は9:50から19:00まで5分ごとに室温、平均放射温度、相対湿度、平均風速を測定した。着衣量（CLO値）は別途参加者に対して実施した服装アンケートに基づいて算出した。具体的には参加者はMS Excelにて作成された服装アンケートにおいて、

上下の服装、靴下の有無および履物の種類をプルダウン方式で選択した。選択された服装はANSI/ASHRAE Standard 55に基づき着衣量に変換した。活動量（MET値）は着座での机上作業を想定し、1.2を用いた。PMVはHD32.3に付属しているソフトウェアを用いて、測定などで得られた室温、平均放射温度、相対湿度、平均風速、着衣量および活動量を入力することで算出した。

主観的生産性については、羽田らの作業能力予測申告用紙の内容を参考にし、回答者が主観的快適性の決定要因を回答した後に、仮にこの作業環境が最適の環境になった場合と現時点での作業能力を予測することで評価した<sup>15)</sup>。具体的には、「作業環境があなたにとって最適の環境となった時の最大限の作業能力を100とすると、現時点の環境における作業能力はどれくらいですか？」という質問を通して評価した。作業能力予測申告は主観的で簡便な手法であるが、疲労度（眠気とだるさ、注意集中の困難さ）と負の相関があること<sup>16)</sup>や、課題後の総ヘモグロビン濃度変化と関連すること<sup>16)</sup>が知られており、作業能力予測申告が生産性の指標として用いられることの妥当性が示されている。さらに、作業能力予測申告には、高度な知的作業のような、定量化が難しい場合にも測定が可能であるというメリットも存在する<sup>17)</sup>。以上より、本研究におけるアンケート内容の概要をまとめるとFig. 3のように示される。

### ■ Questionnaire structure about evaluation grid method

- Subjective comfort
  - 1: very uncomfortable to 7: very comfortable
- Comfort evoking factors
  - Factors that evokes comfort (e.g., hotness)
    - Participants also rated levels of valence and arousal of these factors
  - Factors that evokes factors that evokes comfort (e.g. air conditioner is working too hard)
- Subjective productivity (work efficiency)
  - 0 % to 100 %

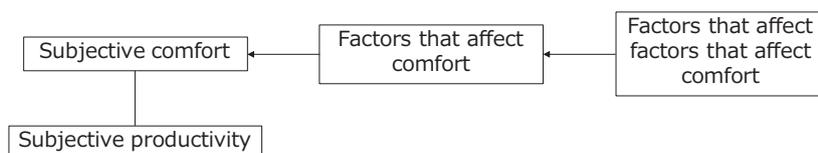


Fig. 3 Overview of questionnaire using Google Forms.

### 2.3 オフィス勤務におけるアンケート調査

2.2の評価グリッド法の準用手法および経験サンプリング法を組み合わせる手法を用いて、サンプルサイズを増やして同様の試験を実施することで再現性を確かめ、快適性に影響する要因の抽出と、その個人差について明らかにした。

参加者はA社に勤務する178名（男性155名、女性23名）とし、普段通りに業務に従事してもらった。参加者の平均年齢は40.9歳（24～66歳）であり、全参加者は自身の机およびPCを有し、同じフロア（2,704 m<sup>2</sup>）で勤務していた。調査期間は2019年4月10日から4月23日の間の平日10日間にわたって行われた。これらの期間、参加者に対して1日5回（10:00, 11:45, 13:30, 15:15, 17:00）、Google Formsにアクセスし、回答を行うよう電子メールにて依頼した。これらのメールは各参加者のPCで受信され、参加者はそこで回答した。また各日にちにおいて、少なくとも3回の回答を行うように促した。

参加者は自身の机での連続滞在時間、主観的快適性、主観的快適性に影響する要因および主観的生産性を回答した。アンケート内容については2.2と同様に、まず現在の環境の快適さを「1: 非常に不快」から「7: 非常に快適」の7段階で評定した。その後、参加者は主観的快適性に影響を与える要因を3つまで回答し、その要因がどれほど快/不快であるか、どれほど覚醒/沈静であるかについても、それぞれ7段階で評定した。加えて、評価グリッド法<sup>9)</sup>の準用手法に基づき、どのような要因が主観的快適性に影響するかをFig. 2に示すように自由記述形式で回答した。主観的生産性についても2.2と同様に参加者は作業能力予測申告値を回答した。

この調査では室内環境での在籍時間が長く、室内環境からの影響を十分に受けた参加者のみのデータを分析するために、連続滞在時間の質問を追加した。この回答は4択（5分未満、5分～10分、10分～30分、30分以上）であったが、結果として30分以上在席時のデータを対象とした分析と全データを対象とした分析の間に差異は見られず、ここでは全データを対象とした分析結果を報告する。また、HD32.3（Delta OHM製）を居室内に4台設置し、参加者の最も近くにある装置の測定値を用いた。着衣量（CLO値）は別途参加者に対して実施した服装アンケートに基づいて算出した。具体的には参加者はMS Excelにて作成された服装アンケートにおいて、上下の服

装、靴下の有無および履物の種類をプルダウン方式で選択した。選択された服装はANSI/ASHRAE Standard 55に基づき着衣量に変換した。この調査では参加者が多く、解析コストを抑えるために着衣量には平均値の0.76を用いた。活動量（MET値）は着座での机上作業を想定し、1.2を用いた。PMVはHD32.3に付属しているソフトウェアを用いて、測定などで得られた室温、平均放射温度、相対湿度、平均風速、着衣量および活動量を入力することで算出した。

### 2.4 在宅勤務におけるアンケート調査

A社に勤務する21名（男性19名、女性2名）を参加者とした。同居家族等のプライベートな情報も取得したため、匿名性を確保するために参加者の年齢については年代のみの回答とした。その内訳は20代が5名、30代が9名、40代が4名、50代が3名であった。参加者のうち2名が一人暮らし、6名が配偶者との二人暮らし、11名が配偶者およびそれ以外の家族と同居、2名が配偶者以外との同居であった。すべての参加者は支給されたノートPCを用いて、自宅にて在宅勤務を実施した。アンケート調査は、2020年6月9日から6月30日にかけて実施した。A社がある兵庫県の緊急事態宣言（2020年4月7日から5月21日）の解除後であったが、感染拡大防止のためにシフト制にて在宅勤務は継続実施していた。実験期間中、在宅勤務の参加者は1日5回（10:00, 11:45, 13:30, 15:15, 17:00）、Google Formsにアクセスし、5日間を目処に回答した。アンケート内容は2.3のオフィス勤務時の調査内容と同じであった。参加者の在宅勤務環境にHD32.3（Delta OHM製）を設置することができなかったため、温熱特性を把握するため、参加者が温度計・湿度計を持っている場合には温度と湿度について回答してもらった。

## 3. 結果および考察

### 3.1 予備調査の結果

算出したPMVの平均値の時系列変化についてFig. 4に示す。A社およびB大学のPMVの範囲は一部の時間帯（午前中）を除き0から1の間であり、物理的な温熱環境としては快適な環境であった。またPMVの大きな日内変動は見られなかった。

評価グリッド法の準用手法に基づく調査結果についてE-Gridを用いてまとめた主観的快適性の評価構

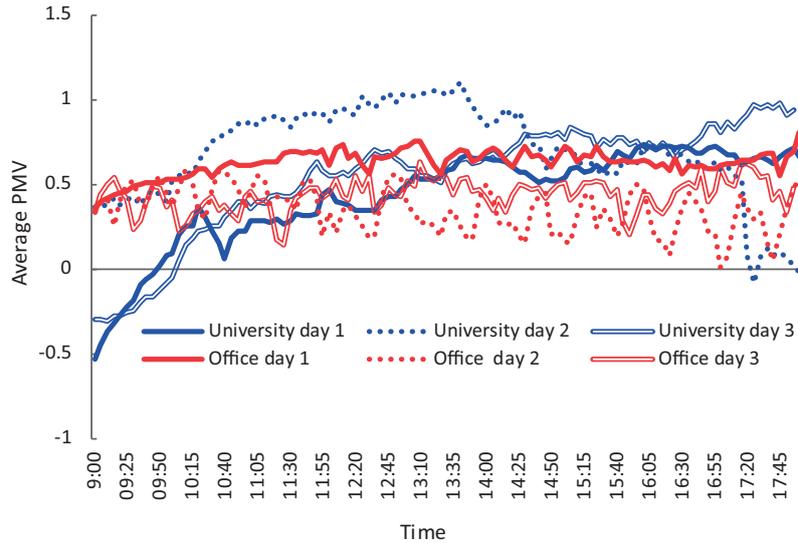


Fig. 4 Time series change in PMV.

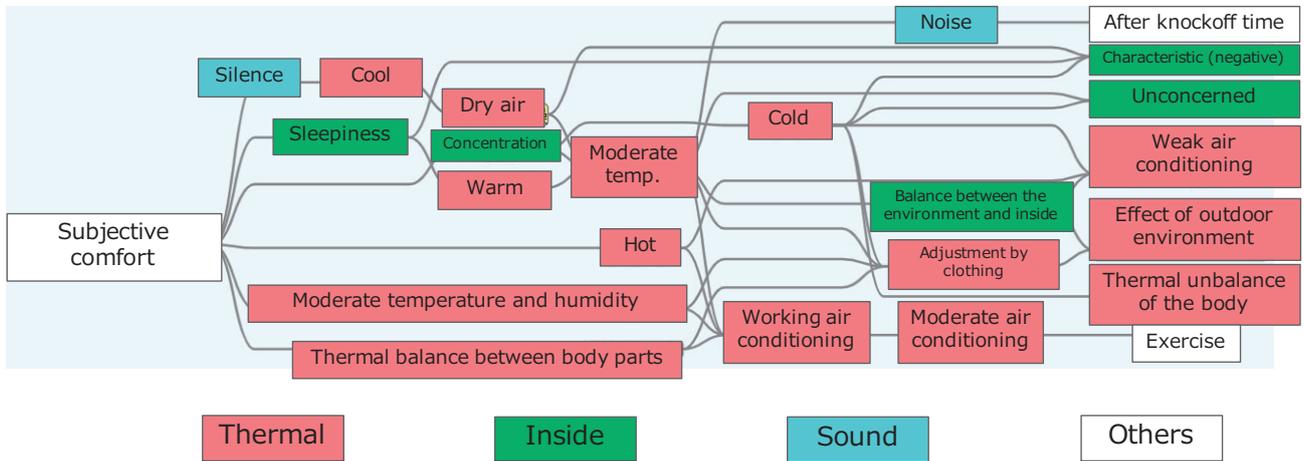


Fig. 5 Evaluation structure on office comfort.

造図をFig. 5に、Fig. 5の回答のうち主観的快適性に対して作成したコアアフェクトモデルと、その回答頻度をFig. 6に示す。E-Gridにより収集したインタビューデータを解析し、評価構造を視覚化する手続きは次の通りである。まず、得られたインタビュー回答のうち、同じ意味を指し示すと考えられる回答(例：「適切な室温」、「ちょうど良い温度」)を、一つのカテゴリ(「適切な室温」)に統一する。次に図中に表示させる回答を、Katz中心性に基づいて決定する。Katz中心性はグラフ理論に基づくネットワークの指標の一つであり、インタビューデータの分析においては、特定の回答の重要性に相当する。すなわち、閾値として設定したKatz中心性の値を超える回答のみが評価構造図中に表示されることになる。Katz中心性の値は視認性を確保した上で網羅性を高

めるために設定され、この調査ではKatz中心性の値として0.150を用いた。

Fig. 5より主観的快適性には様々な温熱要因(湿度による影響を含む)が大きく影響することが明らかになったが、音や内的要因といった温熱以外の要因の影響が存在することも判明した。Fig. 6より主観的快適性を左右する多くの要因があることが分かるが、温熱要因でも快/不快、覚醒/沈静と出現する象限が様々であり、個人差が主観的快適性に大きく影響していることが示唆された。また、オフィス勤務者と大学生の回答において、生活スタイルが影響するような個別的な主観的快適性の喚起要因は見られず、幅広い集団に適用可能な知見を得ることができた。

そこで、このばらつきのある個人差をグルーピン

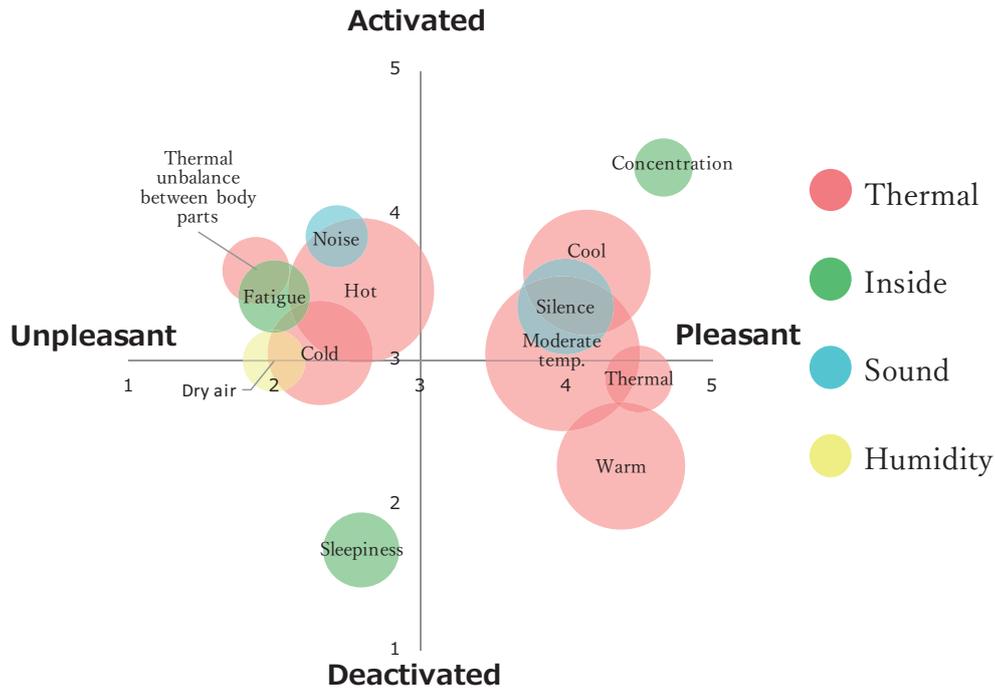


Fig. 6 The valence and arousal of the factors that affect comfort. (The size of the circle indicates the times of the response of the item)

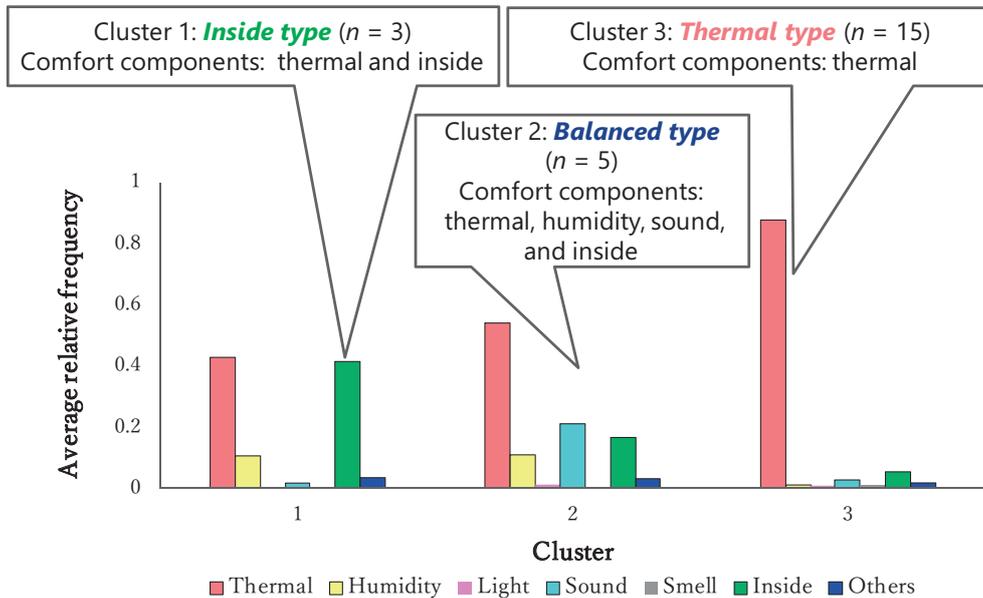


Fig. 7 Average relative frequency in the three clusters.

グしてグループの属性を評価できないかと考え、参加者が挙げた主観的快適性に影響する要因について、各要因の回答比率に基づいてクラスター分析を行った。クラスター分析の方法としては、まず参加者が挙げた主観的快適性に影響する要因を7つのカテゴリーに分類した。カテゴリーの内訳は温熱、湿度、光、音、香り（におい）、内的小およびその他要因で

あった。クラスターの数は各クラスターに含まれるサンプルサイズの数、クラスターの安定度および弁別性から3クラスターを採用した。その結果、Fig. 7に示すようにクラスター毎に主観的快適性に影響する要因の属性が異なっていることが示唆された。クラスター1（3/23名）は主観的快適性が温熱要因の他に、体調や心理状態といった内的小要因に大きく影

響を受けるため、内的タイプと命名した。クラスター2 (5/23名) は主観的快適性が複数の要因 (温度, 湿度, 音, 内的) に影響を受けていたため, バランスタイプと命名した。クラスター3 (15/23名) は主観的快適性が専ら温度に影響を受けていたため, 温熱タイプと命名した。主観的快適性の喚起要因が様々で個人差が大きいことが明らかになったが, 3つのタイプに分類できることが示唆された。また, いずれのタイプにおいても温熱要因は挙がっており, 快適性に対する温熱要因の影響が大きいことも分かる。この結果は温熱要因の強い影響を示唆する先行研究<sup>18)</sup>と合致しており, 本予備調査の妥当性が確認できたと考えられる。

### 3.2 オフィス勤務における主観的快適性の評価構造

3.1の結果を受け, サンプルサイズを増やして本調査を実施し, 快適性に影響する要因の抽出および

クラスター分析を行った。この調査の参加者は178名だったが, 調査期間を通して5回以上の回答を行った147名の参加者を対象に解析を行った。収集された有効回答の数は2,075であった。各日程における時間帯ごとの回答数および調査期間中のPMV, 主観的快適性および主観的生産性の変動についてTable 2およびTable 3に示した。PMVは0から0.5の間で比較的安定しており, 調査環境の温熱環境が安定した快適なものであることを示した。主観的快適性や主観的生産性についても調査期間を通して安定していた。8:00から10:00の間に主観的快適性と主観的生産性の低下と上昇がみられるが, この期間のデータは実験全体の0.5%と非常に少ないため, これについて分析は行わなかった。

Fig. 8にオフィス環境での主観的快適性の評価構造を示す。予備調査と同様にE-Gridを用いて作成したが, E-Gridは処理データ数に制約があるため, 全

Table 2 Changes in each index depending on date (Numbers in parentheses mean SE).

Date	Number of responses	Average of subjective comfort	Average of subjective productivity	Average of PMV
10 <sup>th</sup> April	400	4.25 (0.06)	71.46 (0.79)	0.40 (0.01)
11 <sup>th</sup> April	370	4.44 (0.07)	71.39 (0.87)	0.40 (0.01)
12 <sup>th</sup> April	290	4.35 (0.07)	72.75 (0.93)	0.41 (0.01)
15 <sup>th</sup> April	269	4.22 (0.07)	68.38 (0.99)	0.45 (0.01)
16 <sup>th</sup> April	221	4.50 (0.08)	70.71 (1.02)	0.29 (0.02)
17 <sup>th</sup> April	150	4.45 (0.10)	71.89 (1.28)	0.38 (0.02)
18 <sup>th</sup> April	127	4.49 (0.10)	71.78 (1.44)	0.38 (0.02)
19 <sup>th</sup> April	59	4.61 (0.18)	71.07 (2.39)	0.43 (0.03)
22 <sup>nd</sup> April	114	4.36 (0.13)	70.79 (1.66)	0.33 (0.02)
23 <sup>nd</sup> April	75	4.44 (0.13)	70.33 (1.84)	0.39 (0.02)

Table 3 Changes in each index depending on time of day (Numbers in parentheses mean SE).

Time	Number of responses	Average of subjective comfort	Average of subjective productivity	Average of PMV
08:00	1	5.00 (0.00)	80.00 (0.00)	0.49 (0.00)
09:00	9	3.56 (0.59)	54.22 (11.52)	0.46 (0.05)
10:00	390	4.43 (0.06)	72.03 (0.84)	0.39 (0.01)
11:00	302	4.50 (0.07)	73.91 (0.87)	0.41 (0.01)
12:00	224	4.54 (0.08)	71.42 (1.05)	0.42 (0.01)
13:00	254	4.29 (0.08)	69.11 (1.16)	0.43 (0.01)
14:00	144	4.24 (0.10)	69.80 (1.29)	0.38 (0.02)
15:00	320	4.15 (0.07)	70.28 (0.84)	0.37 (0.01)
16:00	74	4.41 (0.15)	70.78 (1.82)	0.33 (0.03)

参加者でなく一部のデータを用いた。データ数に関しては評価グリッド法を扱う先行研究<sup>11,19)</sup>等を参考にし、ランダムに抽出した11名の参加者の評価構造を示した。また、抽出した11名中、調査期間を通して5回以上の回答を行った9名に対してタイプを算出した。この9名のうち、2名(22.2%)が内的タイプ、4名(44.4%)がバランスタイプ、3名(33.3%)が温熱タイプであった。この比率は、内的タイプが32%、バランスタイプが41%、温熱タイプが27%という全体データから大きな逸脱は見られず、抽出されたデータは質的な面でも代表性を確保できていると考えられる。なお、評価構造図を得た手続きは3.1と同様であり、この調査ではKatz中心性の値として0.150を用いた。

主観的快適性に影響を与える要因としては温熱、音、光および内的要因などが抽出でき、主観的快適性には多くの要因が影響していることが明らかになった。これは3.1の結果と合致しており、結果の再現性が確認できた。3.1においては抽出されなかった具体的な要因としては、「衣服の濡れ」「仕事」「花粉」などが挙げられる。これらの要因は調査期間の違いによる季節の影響や、参加者の違いによって生じたと考えられる。

主観的快適性に影響する要因の性質について、コアアフェクトモデルに従って分析した結果についてFig. 9に示す。Fig. 9には調査期間を通して20回以上あげられた回答のみを記載した。最もよく挙げられた要因は「適温」であり、次いで「静か」「明るさ」「騒音」「疲労」「眠気」「周囲が静か」「静けさ」「暑い」「集中している」「空腹」「暑さ」「静かさ」「疲れ」「涼しい」「なし」「眠い」であった。これらの要因の中には物理的なもの(温熱、音、光)だけでなく、回答者の精神的なものも含まれており、室内環境における主観的快適性の複雑さを示唆している。

クラスター分析の方法としては、参加者が挙げた主観的快適性に影響する要因を6つのカテゴリーに分類した。カテゴリーの内訳は温熱要因(全回答の52.4%; 暑い, 適温…), 音要因(15.8%; うるさい, 静か…), 光要因(4.0%; まぶしい, 薄暗い…), 内的要因(19.6%; 空腹, 眠い, 集中, 体調, 感情…), 仕事要因(1.8%; 締め切り, 仕事の進捗…), その他要因(6.4%; 周囲に人が少ない, 咳している人がいる…)であった。これらのカテゴリーは2.2で実

施した予備調査およびこの調査のデータから作成した。各回答の分類は実験の目的について知らない2名の独立した採点者によって行われた。2名の間のカッパ係数は0.85であり、これはカッパ係数の大小による判断一致率について言及した研究<sup>20)</sup>において、6段階(Poor, Slight, Fair, Moderate, Substantial, Almost Perfect)のうちの最高段階であった。2名の採点者の分類が異なった回答については第3の採点者が分類した。

3つのクラスターの回答における各要因の出現頻度をFig. 10に示す。3.1の結果同様に「内的タイプ」、「バランスタイプ」および「温熱タイプ」の3タイプに分類できることが示唆された。これらのクラスターは環境に対する評価においても互いに異なっていた。各クラスターの平均主観的生産性および平均主観的快適性について、一要因分散分析(クラスター; 1/2/3)を行ったところクラスター1(内的タイプ)がクラスター2(バランスタイプ)および3(温熱タイプ)と比較して低い主観的快適性と主観的生産性を示した( $F_s(2, 144) = 9.53, 8.07, \eta_p^2s = .12, .10, t_s(144) = 3.67, 3.90, 3.26, 3.67$ )。一方、クラスター間でPMVには有意な差が見られなかった。

各クラスターにおけるPMV、主観的快適性、主観的生産性について分析するため、これらの指標間の相関分析を行った。この結果をTable 4に示す。すべてのクラスターでPMVは主観的快適性および主観的生産性との間に有意な相関が見られなかった。一方、主観的快適性と主観的生産性との間には強い相関が見られた。

以上より、3.1および3.2の試験を通し、評価グリッド法および経験サンプリング法を参考にした独自の手法により、オフィス環境における主観的快適性の全体像と評価構造を明らかにできた。主観的快適性は様々な要因で構成されているが、それらの影響度の違いによって個人が「内的タイプ(32%)」、「バランスタイプ(41%)」および「温熱タイプ(27%)」の3タイプに分類できることが判明した。Fig. 11に各タイプの分布を示す。本調査結果の新規性の1つとしては、その環境の居住者の内的要因が環境の快適性に影響を与えていることを科学的に明らかにした点が挙げられる。先行研究で繰り返し重要性が指摘されている温熱要因に次いで、約20%という高い割合で内的要因に当てはまる回答が見られたことを考えると、少なくとも参加者の主観レベルでは内的

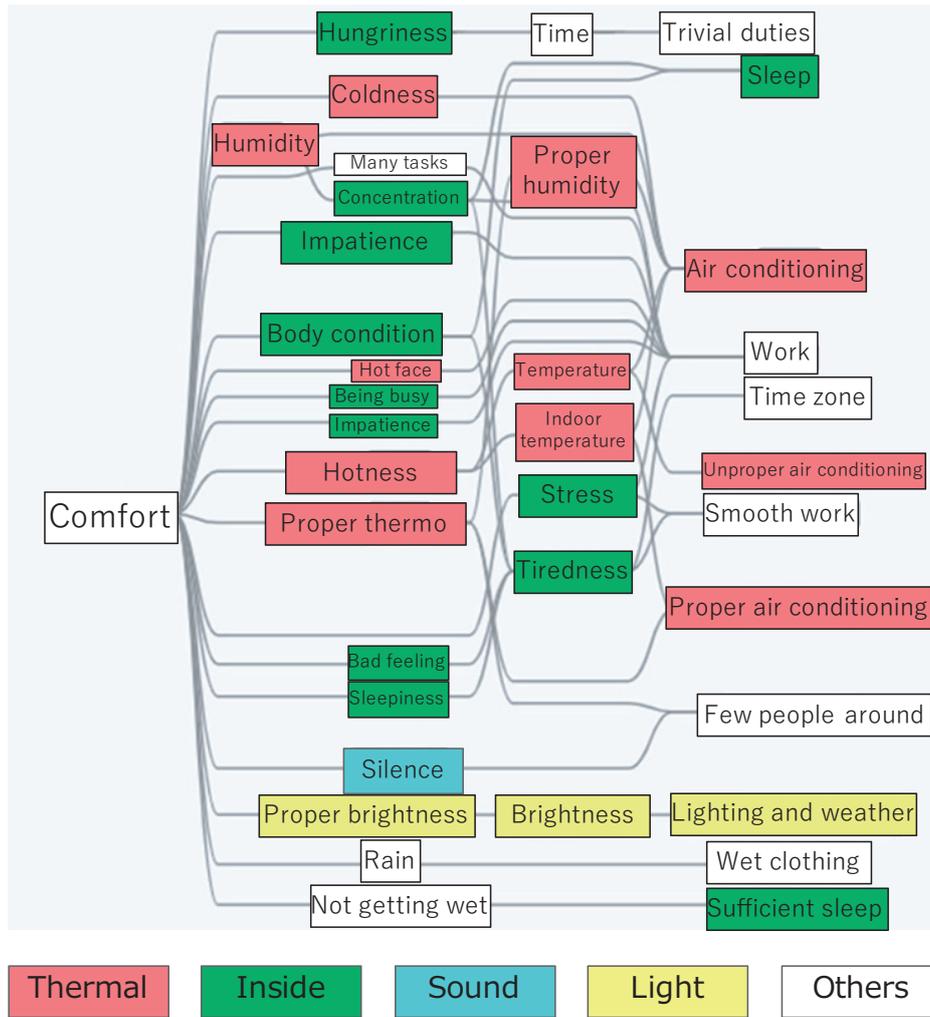


Fig. 8 Evaluation structure on office comfort.

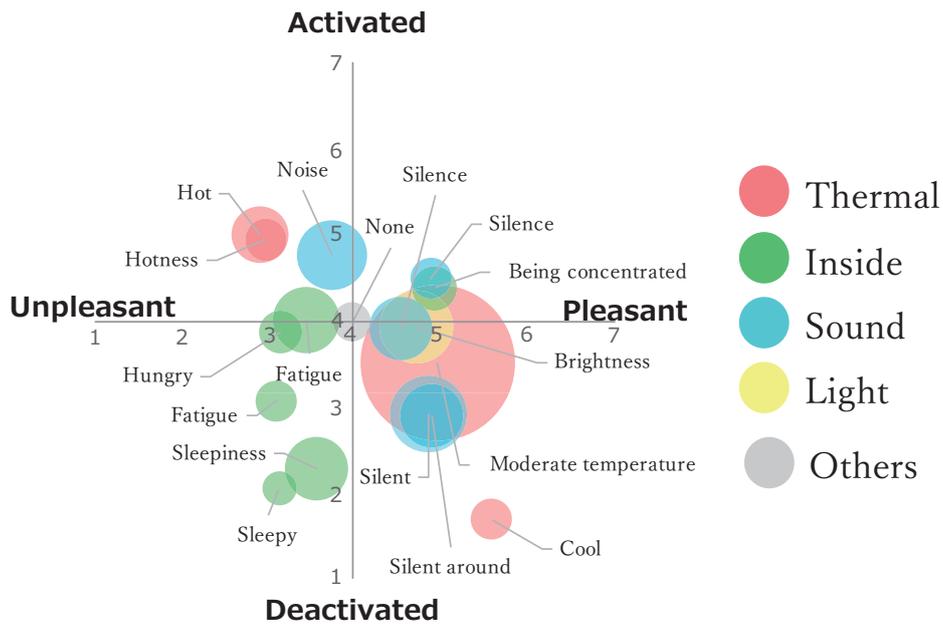


Fig. 9 Circumplex of the factors that affect office comfort.  
(The size of the circle indicates the times of the response of the item)

Table 4 Correlation between subjective comfort, subjective productivity, and PMV in each cluster.

Clusters	n	Correlation coefficient		
		Subjective comfort × Subjective productivity	PMV × Subjective comfort	PMV × Subjective productivity
Total	2,075	0.54 <sup>***</sup>	0.04	0.05
1 (Inside type)	626	0.59 <sup>***</sup>	-0.05	-0.10 <sup>*</sup>
2 (Balanced type)	824	0.41 <sup>***</sup>	0.05	0.17 <sup>**</sup>
3 (Thermal type)	564	0.52 <sup>***</sup>	0.07	0.06

<sup>\*</sup>  $p < 0.05$ , <sup>\*\*</sup>  $p < 0.01$ , <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$

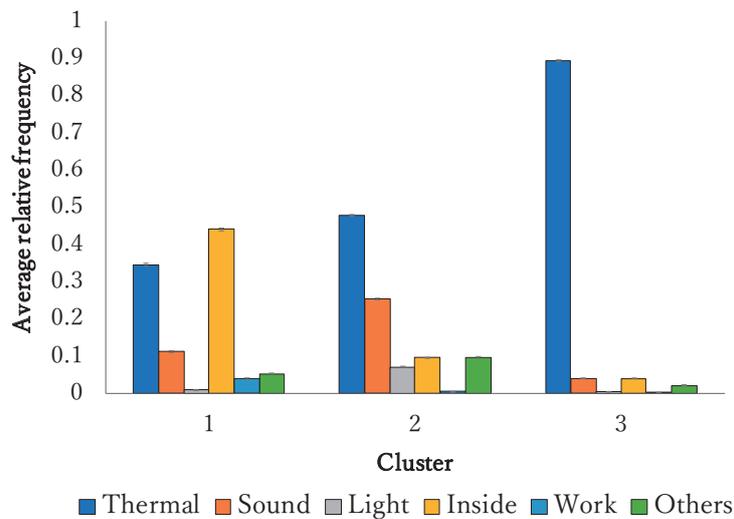


Fig. 10 Average relative frequency in the three clusters.

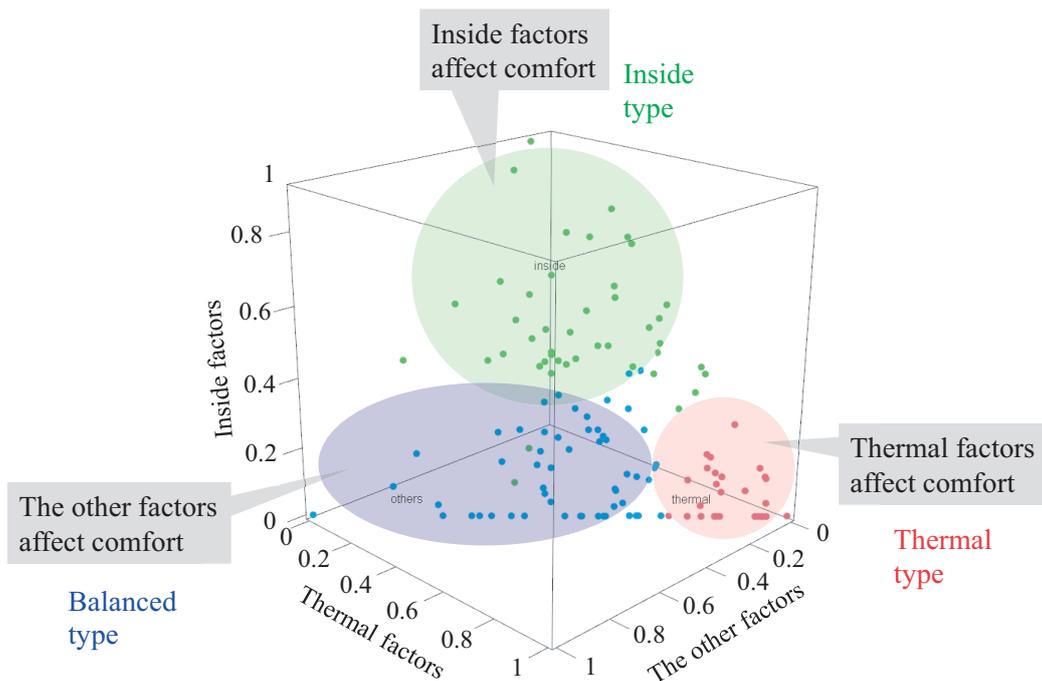


Fig.11 Distribution of individual types in office comfort.

要因が快適性に影響すると考えられる。この内的要因を考慮に入れることが、快適な室内環境を構築するために必要であるといえる。

### 3.3 在宅勤務における主観的快適性の評価構造

調査期間全体にわたって、参加者から合計411の回答を得た。参加者ごとの回答数は0から47回であった。Fig. 12およびFig. 13に回答時点での温熱特性を示す。温度は25℃前後、湿度は60%RH前後を中心として分布しており、居住・執務空間の温熱環境としては十分に良好だったと考えられた。

在宅勤務における主観的快適性の平均値は4.53、オフィス空間は4.37（2019年4月）であり、大きな差はみられなかった。主観的生産性の平均値は在宅

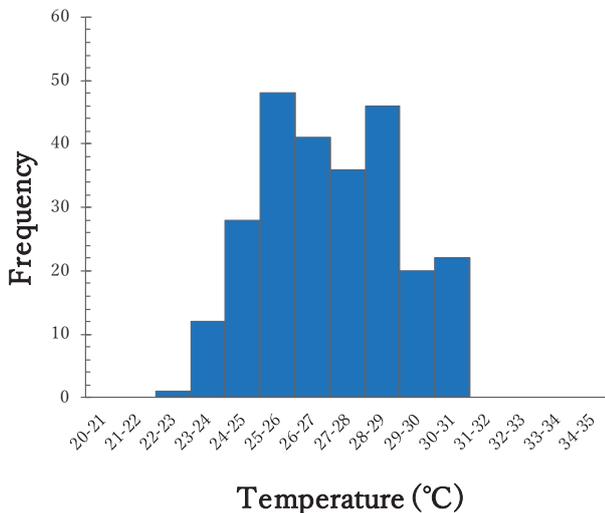


Fig.12 Frequency distribution table of indoor temperature at the time of answer.

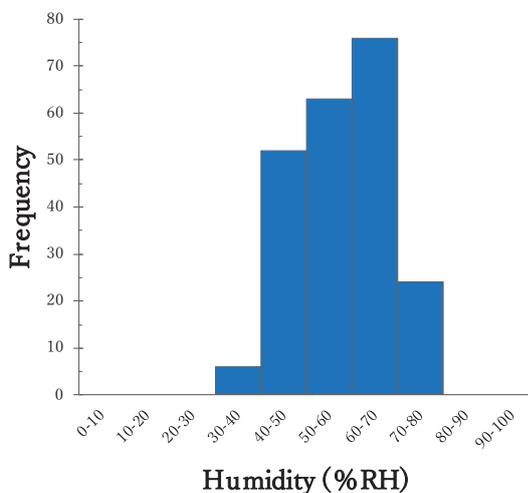


Fig.13 Frequency distribution table of indoor relative humidity at the time of answer.

勤務が70.76、オフィス勤務が71.11（2019年4月）であり、こちらも大きな差はみられなかった。在宅勤務による主観的生産性の大きな低下を指摘する先行研究<sup>20)</sup>と比較すると、本研究の参加者は在宅勤務においても高い生産性を維持しているように考えられた。このことの原因として考えられるのは以下の2つである。1つ目は、調査期間は緊急事態宣言が解除された時期であり、参加者のほとんどは常に在宅勤務ではなく、在宅勤務とオフィス勤務を交互に行っていたため、職場でのコミュニケーション不足や、孤独感の上昇が生じにくかった。2つ目は、先行研究における生産性への問いが、オフィス勤務に対する在宅勤務での生産性低下(あるいは上昇)を回答させていたのに比べ、本研究は「環境が自分にとってベストだった時の生産性と比較した際の現在の生産性」を回答させるという方法を用いていた点である。この方法は「在宅勤務はオフィス勤務と比較して生産性が低下する」という思い込みに影響を受けにくいものであり、実際には在宅勤務において生産性の低下は先行研究が指摘するほど大きくない可能性を示しているとも考えられる。

Fig. 14にESVで作成した在宅勤務環境での主観的快適性の評価構造を示す。ESVのアルゴリズムはE-gridと同じであり、評価構造図を得た手続きは3.1と同様である。なお、この調査においては3.2と同等程度の回答項目を検証するため、Katz中心性の値は0.099を用いた。主観的快適性に影響を与える要因としては温熱、音、光および内的要素などが抽出でき、これらはオフィス環境と類似していたが、「作業環境の悪さ」や「カジュアルな仕事のやり方」、「家族」といった在宅勤務独自の項目も挙がった。「作業環境の悪さ」については、「椅子がっていないこと」「通信速度低下」「PCが立ち上がらない」が含まれていた。「カジュアルな仕事のやり方」には「ソファで作業」や「ラジオからの音楽で気分転換している」「半袖、半ズボン、ラフな服装」などの具体的な回答が含まれていた。「家族」には「家族の帰宅」や「子供の泣き声」「部屋の片づけをしている人がいる」などが含まれていた。これらの項目からは、在宅勤務者がオフィスとは異なる居住環境から影響を受けつつも、その環境に適応しながら業務に取り組んでいることが明らかになった。またこれらの在宅勤務独自の項目は、ポジティブにもネガティブにも作用していた。特に「カジュアルな仕

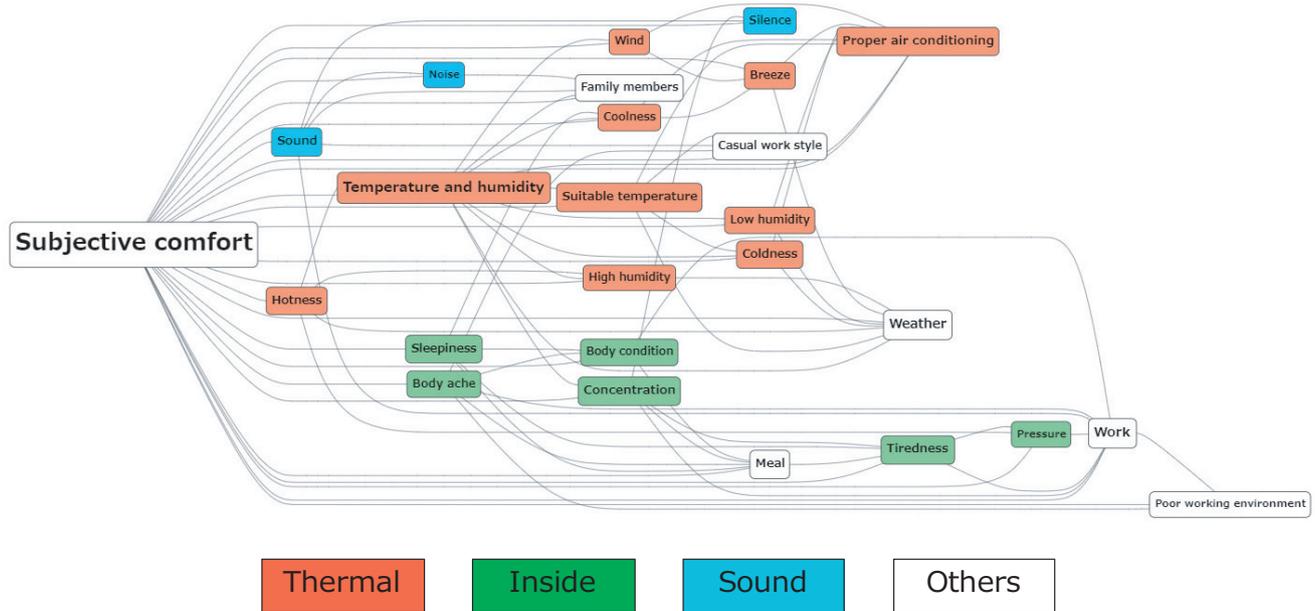


Fig.14 Evaluation structure on remote working.

Table 5 Comparison of percentage of comfort evoking factors.

Unit: %	Remote	Office
Thermal	54.9	52.4
Internal	18.1	19.6
Sound	13.8	15.8
Light	5.9	4.0
Work	4.6	1.8
Others	2.7	6.4

事のやり方」は快適性、適温、音、身体の痛みにつながっており、例えばラフな服装で仕事をするのが温熱快適性につながる一方、ソファで作業することによって身体の痛みが生じるといったケースが考えられる。そのため、在宅勤務の快適性について検討する際は、在宅勤務によって生じた要因が、その空間の居住者にどのような影響を与えるかを考慮する必要があると言える。

在宅勤務においても、快適性の喚起要因には個人差があると考えられたため、参加者が挙げた主観的快適性に影響する要因について、3.2と同様の喚起要因に基づき分類した。Table 5に在宅およびオフィス勤務における快適性喚起要因を示す。在宅勤務において、温熱や音のように従来の研究で知られていた要因だけではなく、内的要因が抽出された。また、これらの快適性喚起要因の割合は在宅とオフィス勤務とで同程度であることから、双方の勤務における

主観的快適性に対して、内的要因が重要であることが示唆された。このことは3.2の快適性喚起要因の分類の頑健性を示していると考えられる。

#### 4. 結言

評価グリッド法および経験サンプリング法を参考にした独自の手法により、オフィスおよび在宅勤務の主観的快適性の評価構造を明らかにした。オフィスおよび在宅勤務において、主観的快適性の喚起要因としては温熱要因が大きく影響するが、湿度や光、音、内的要因といった温熱以外の要因の影響が存在することが示唆された。また、クラスター分析により、主観的快適性は様々な要因で構成されているが、それらの影響度の違いによって個人が「内的タイプ」、「バランスタイプ」および「温熱タイプ」の3タイプに分類できることが判明した。オフィス勤務におけるサンプルサイズを増やした本調査により、これらの結果の頑健性を示すことができ、在宅勤務においても同様の傾向が確認されたことから、得られた結果が幅広い労働環境に適用できることが示唆された。

この個人差の存在は、個人によって主観的快適性を高める要因が異なることを示しており、更なる快適空間を実現するためには画一的な空間のデザインではなく、個人に合わせた空間のカスタマイズが必要であることを意味している。1つの手段としてはタイプ毎に環境制御を行うことで効率的な制御がで

きる可能性が考えられる。また、温熱や音要因だけではなく、内的要因が重要であることも今後の課題として認識することができた。今後も個人差などに着目し、QoW (Quality of Working) の高い快適な労働環境による生産性向上や高度な快適性提供に資する研究、技術開発を進める。

なお、本研究は三菱電機株式会社の人を対象とする研究開発における委員会および関西学院大学の人を対象とする行動学系研究倫理審査部会の規定により、倫理審査は不要と判断されたものである。また、本研究の参加者には研究の趣旨や個人情報取り扱いなどを説明し、事前に同意を得た。

### 利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反はない。

### 謝辞

本研究は関西学院大学との共同研究により実施されたものである。また、成果の一部は、JSTセンター・オブ・イノベーション (COI) プログラムの支援を受けて得られたものであり、感謝致します。

### 引用文献

- 1) 一般社団法人グリーンビルディングジャパン：  
[https://www.gbj.or.jp/well/about\\_well/](https://www.gbj.or.jp/well/about_well/) (最終閲覧日：2024年8月5日)
- 2) Wyon, D. P.: The effects of indoor air quality on performance and productivity, *Indoor Air, Supplement*, 14 (SUPPL. 7), pp. 92-101 (2004).
- 3) Wargocki, P., Frontczak, M., Stefano, S., Goins, J., Arens, E., & Zhang, H.: Satisfaction and self-estimated performance in relation to indoor environmental parameters and building features, *In 10<sup>th</sup> International Conference on Healthy Buildings, International Society of Indoor Air Quality and Climate* (2012).
- 4) Frontczak, M., & Wargocki, P.: Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), pp. 922-937 (2011).
- 5) Nakano, J., Tanabe, S., & Kimura, K: Differences in perception of indoor environment between Japanese and non-Japanese workers, *Energy and Buildings*, 34(6), pp. 615-621 (2002).
- 6) Tanabe, S., Haneda, M., & Nishihara, N.: Workplace productivity and individual thermal satisfaction. *Building and Environment*, 91, pp. 42-50 (2015).
- 7) 片平建史, 饗庭絵里子, 矢野浩範, 松浦周平, 飛谷謙介, 長田典子, 宮一普, 古川誠司: 心理尺度を用いた微細気泡浴の入浴効果の検討, *人間工学*, 50(1), pp. 29-34 (2014).
- 8) 讚井純一郎: 商品企画のためのインタビュー調査: 従来型インタビュー調査と評価グリッド法の現状と課題. *品質*, 33(3), pp. 13-20 (2003).
- 9) Csikszentmihalyi, M., & Larson, R.: Validity and reliability of the experience-sampling method. *Journal of Nervous and Mental Diseases*, 175, pp. 526-536 (1987).
- 10) 宇治川正人, 丸山玄, 讚井純一郎, 電子メールを用いた評価グリッド法の開発: 魅力あるガソリンスタンドの条件に関する調査研究. *日本建築学会計画系論文集*, 64(518), pp. 75-80 (1999).
- 11) Onoue, Y., Kukimoto, N., Sakamoto, N., & Koyamada, K.: E-Grid: a visual analytics system for evaluation structures. *Journal of Visualization*, 19(4), pp. 753-768 (2016).  
<https://doi.org/10.1007/s12650-015-0342-6> (最終閲覧日: 2024年8月5日)
- 12) 杉本匡史, 長田典子, 西崎ひろ, 田丸人意, 村井康二: 入出港場面におけるエキスパートとノービスのリスク認知プロセス—評価グリッド法を用いた可視化—. *日本航海学会論文集*. 149, pp. 56-66 (2024).
- 13) 尾崎由佳, 後藤崇志, 小林麻衣: スマートフォンを使用した経験サンプリング法: 手法紹介と実践報告, *21世紀ヒューマン・インタラクション・リサーチ・センター研究年報*, 12, pp. 21-29 (2015).
- 14) Russell, J. A: A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), pp. 1161-1178 (1980)
- 15) 羽田正沖, 西原直枝, 田辺新一: 温熱環境と換気量が知的生産性に与える影響に関する被験者実験. *日本建築学会環境系論文集*, 74(638), pp. 507-515 (2009).
- 16) 川村明寛, 西原直枝, 羽田正沖, 植木雅典, 田辺新一: 室内環境における知的生産性評価: (そ

- の5) 温熱・音環境の改善が脳内酸素代謝に与える影響, 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, pp. 2217-2220 (2006).
- 17) 杉浦敏浩, 橋本哲, 寺野真明, 中村.政治, 川瀬.貴晴, 近藤.靖史: ワークプレイスプロダクティビティの評価方法: 第 1 報-プロダクティビティ評価方法の整理と標準的な評価票の提案, 空気調和・衛生工学会 論文集, 32(123), pp. 11-22 (2007).
- 18) Frontczak, M., & Wargocki, P.: Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments, *Building and Environment*, 46(4), 922-937 (2011).
- 19) 土田義郎, 川崎寧史, 下川雄一, 評価グリッド法を用いた俯瞰眺望景観に対する心理的評価の傾向分析. 日本建築学会環境系論文集, 74(642), pp. 907-913 (2009).
- 20) Landis, J. R., & Koch, G. G.: The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), pp. 159-174 (1977).
- 21) 森川正之: コロナ危機下の在宅勤務の生産性: 就労者へのサーベイによる分析, *P RIETI Discussion Paper Series 20-J-034* (2020).