

令和5年度厚生労働科学研究費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
分担研究報告書

室内熱環境・空気質・音環境・光環境に関する夏期詳細測定と主観評価調査結果

研究分担者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員
研究代表者	本間 義規	国立保健医療科学院	統括研究官
研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院	上席主任研究官

研究要旨

夏期の室内温熱環境、空気環境、光環境及び音環境の実態とそこで業務を行う執務者の主観評価について検討した。全国6か所の測定建物（特定建築物：3件、中小規模建築物3件、なお特定建築物3件の内、2件が中央管理方式の空調）に対し、2023年8～9月の代表日1日を選定して10～16時の執務時間を対象に詳細調査を実施している。室内熱環境・空気質・光環境・音環境の測定について、2023年8～9月に室内熱環境・空気質・音環境の測定を実施した。CO₂濃度・温度・相対湿度の多点測定結果から、オフィスレイアウト平面における各要素の水平分布・むらを確認するとともに、CO₂濃度の結果からサイデルの式により空調稼働時の平均換気量を推定した。また、室内熱環境を上下温度分布・平均放射温度・PMV・SET*を用いて評価した。

上下温度分布については、ペリメータ部で最大0.9K、インテリアゾーンで最大0.4Kであり、6件のオフィスとも不快に感じるとされる上下温度差は生じていなかった（ $\Delta t=1.0K$ でPD=0.8%）。しかしC・D・Eビルでは、平均放射温度・PMV・SET*のやや暖かいと評価されるゾーンが存在することも確認された。温度は、外気温度が高いとき（32℃を超える日等）に、建築物衛生法で定める上限28℃に近くなる時間帯も存在した。相対湿度は、建築物衛生法の上限70%RHを下回る建物が多い中、Fビルに関しては70%RHを超えていた。外部ドアの開放（通風）と低めの温度制御が大きく影響していると考えられる。

室内空気質は浮遊微粒子個数濃度のI/O比を用いて評価し、特定建築物であるA・B・CビルのI/O比は中小規模建築物と比較して低い結果であった。推定換気量はA:65.7CMH/人（1.9CMH/m²）（以下単位省略）、B:23.1（1.5）、C:63.9（3.9）、D:62.2（3.8）、E:103.6（4.0）、F:108.0（7.4）となり、Bの換気量がやや低いものの、外気はAHU或いはOHUにてフィルターを経由するため、浮遊微粒子個数濃度は低く、一方、フィルターがなく開口部開放を併用しているD、E、Fの浮遊微粒子濃度は高い結果となっている。

室内音環境は10～15時の中央値は、いずれの建物においても50dB[A]であり、かつ冬期測定結果と比較しても大きな差はなかった。しかし、最大値については冬期に比べ高く、特に開口部開放を行うことの多い中小規模建築物で確認できる。

光環境は、夏期詳細測定として照度、相関色温度、色度偏差、演色性評価数を評価した。また長期測定についても触れている。詳細測定の結果、クルイトフ曲線では快適の範囲に入っているものの、執務室のボリュームの小さな空間ほど内装反射や開口部の影響を受けていることがわかった。平均演色評価数（CRI）は照明光だけではなく、空間内装等の反射光の性質も含むこと、CRIが低いほど光環境の満足度が低下しやすいこと等が推測できる結果となった。長期測定結果から、特定建築物であるA、C、Fは照度によるばらつきを受けにくい傾向にあり、特に日射遮蔽装置の使用状態と室面積に影響をうけることがわかった。

2-1. 建物概要と室内熱環境・空気質・音環境に関する夏期詳細測定

A. 研究目的

本節では、6件の建物の概要と室内熱・空気質・音環境の測定の結果を示し、次節以降の主観評価調査の分析のための室内環境の測定結果を示す。

B. 研究方法

B.1. 建物概要

本研究で対象とする建物概要を表 2-1-1 に示す。本研究では全国各地に建つ 6 件の建物を対象に室内熱環境・空気質・音環境の測定を実施した。A・B・C ビルは特定建築物、D・E・F ビルは中小規模建築物に該当する。いずれも用途は事務所であり、A・C ビルは中央管理空調方式、その他は個別管理空調方式であった。換気方式は A・D ビルが第 1 種熱交換換気、B が外調機、その他は第 3 種換気であった。

表 2-1-1 調査建物の概要

建物	所在地	延床面積 (m ²)	対象室面積(m ²)	竣工年	階数	測定階数	空調*1	換気*2
A	北海道 札幌市	25 289.2	247.5	1995	B1-16F	10F	AHU (CAV)+ FCU	第 1 種 HEX
B	宮城県 仙台市	6 799.6	142.2	1991	B1-8F	7F	PAC	OHU
C	東京都 新宿区	93 996.5	208.8	2011	B2-35F	22F	AHU (VAV)	不明
D	北海道 札幌市	1 372.7	325.1	2018	3F	2F	PAC	第 1 種 HEX
E	熊本県 熊本市	973.4	156.0	不明	3F	3F	PAC	第 3 種
F	石川県 金沢市	805.5	235.0	不明	1F	1F	PAC	第 3 種

※1 AHU: 空気調和機, CAV: 定風量単一ダクト方式, PAC: パッケージエアコン, VAV: 変風量単一ダクト方式
FCU: ファンコイルユニット

※2 OHU: 外調機, HEX: 全熱交換器

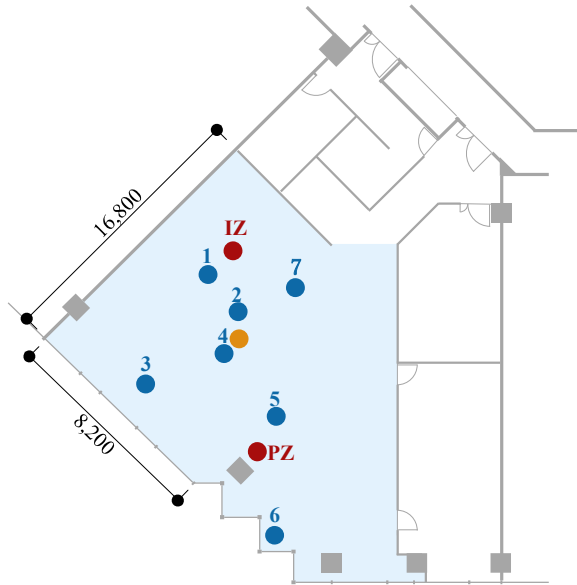
B.2. 室内熱環境・空気質・音環境に関する夏期詳細測定室内環境測定

室内環境測定の概要を表 2-1-2、各建物における測定機器設置位置を図 2-1-1 に示す。測定は 2023 年 8~9 月の代表 1 日を選定して 10~16 時を対象に CO₂ 濃度・空気温湿度、上下温度分布、黒球温度、気流速度、等価騒音レベル、浮遊微粒子濃度個数を 1 分間隔で測定した。CO₂ 濃度・空気温湿度は T&D 社製の TR-76Ui により各建物で最大で 7 点測定し、外気でも 1 点測定した。上下温度分布は T&D 社製の RTR503B により床面から 100・600・1100・1700mm の高さでペリメータ部 (以降、PZ) とインテリア部 (以降、IZ) で各 1 カ所測定した。黒球温度と気流速度は上下温度分布の測定位置と同位置で床面から 1100mm の高さで測定した (気流速度は IZ のみ)。等価騒音レベルは LION 社製の NL-42 により、室中央付近で 1 秒間隔で測定した音圧レベルを 1 分間隔で等価騒音レベルに換算した。浮遊微粒子個数濃度は日

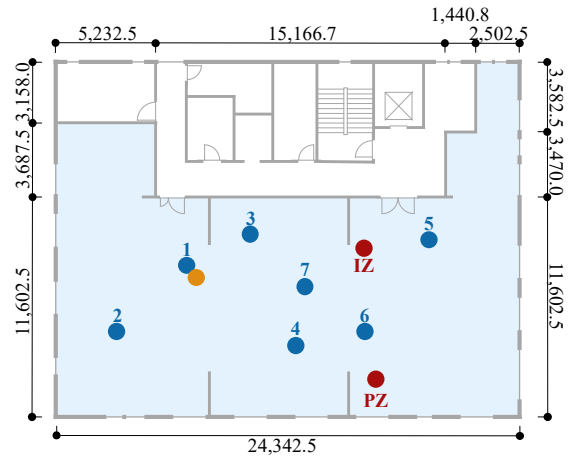
表 2-1-2 室内環境測定の概要

- 1) CO₂ 濃度・温度・相対湿度: T&D TR-76Ui, 1 分間隔, 最大 7 点設置 + 外気 1 点
- 2) 上下温度分布: T&D RTR503B, F.L.+100, F.L.+600, F.L.+1 100, F.L.+1 700, 1 分間隔, ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 3) 黒球温度: 柴田科学 グローブサーモメーター75mm・T&D TR-71Ui, F.L.+1 100, 1 分間隔, ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 4) 風速: KANOMAX Model 6501 (プローブ: 6533-21), F.L.+1 100, 1 分間隔, インテリアのみ
- 5) 等価騒音レベル: LION NL-42, 1 分間等価騒音レベル, 1 点設置
- 6) 浮遊微粒子濃度: KANOMAX Model3889, 28.3L/min.吸引, 最大 30 分, 室内・室外測定, 午前・午後各 1 回

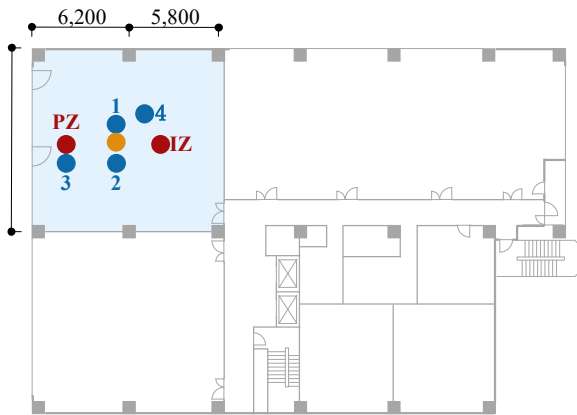
● CO₂濃度・温度・相対湿度 ● 上下温度分布・黒球温度 ● 等価騒音レベル



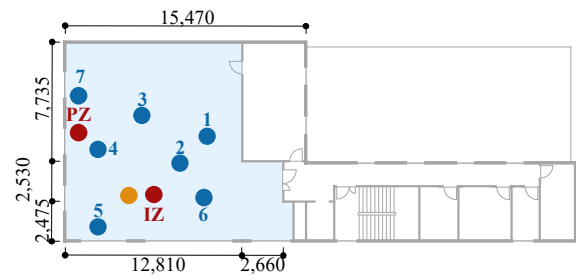
Aビル



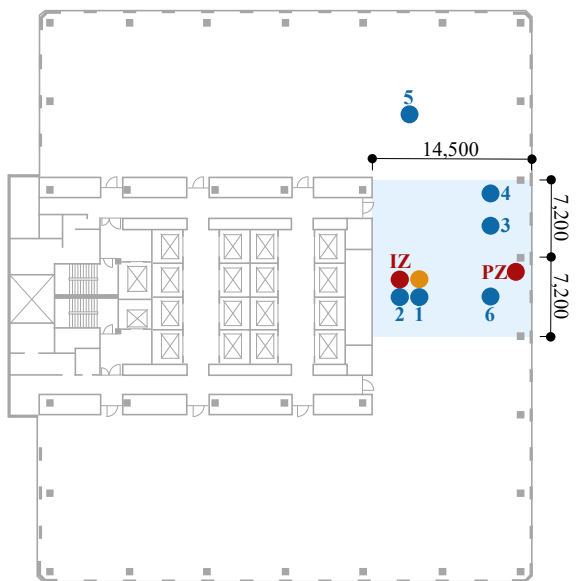
Dビル



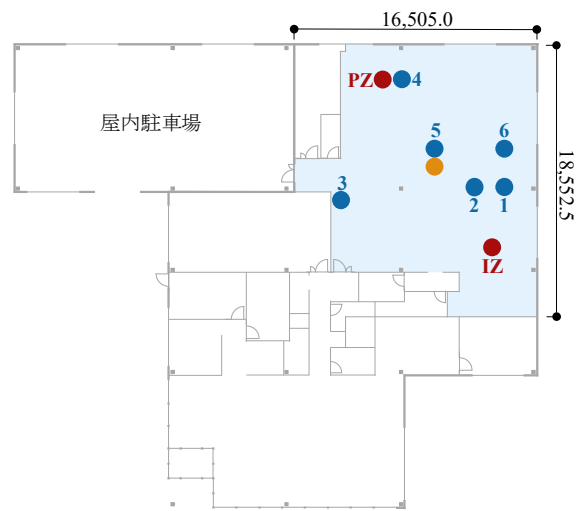
Bビル



Eビル



Cビル



Fビル

図 2-1-1 詳細測定機器設置位置

本カノマックス社製の Model 3889 により、室内と外気にて 1 分間隔で最大 30 分間測定した。また、CO₂ 濃度や等価騒音レベルは在室人数によっても大きく異なると考えられるため 10～15 時の間に定期的に在室人数を目視で調査した。なお、測定日の天候は B ビルにおいては降雨があったが、その他の建築物では晴れ（一部曇り）であった。

B.3. 分析方法

測定日の在室人数は CO₂ 濃度や等価騒音レベル等に影響を及ぼすため、はじめに、在室人数調査結果と室面積から人員密度 (人/m²) を示す。

CO₂ 濃度・空気温湿度は 10～16 時のトレンドグラフにて分析するとともに、平面分布の有無について確認した。また、室内 CO₂ 濃度の変動が小さい 30 分間の平均値で集計し、同時刻の外気 CO₂ 濃度の平均値と 1 人あたりの CO₂ 吐出し量を用いてサイデルの式により換気量 (CMH/m²) を推定した。なお、1 人あたりの CO₂ 吐出し量は 22L/h (極軽作業)¹⁾ と仮定した。上下温度分布は 10～16 時の平均値で集計し、床面から 100mm の位置と 1100mm の位置の温度差で評価した²⁾。室内熱環境の評価として下式により平均放射温度 (\bar{t}_r) を算出した³⁾。

$$\bar{t}_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1.1 * 10^8 * v_a^{0.6}}{\varepsilon_g * d^{0.4}} (t_g - t_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273$$

- ここに、 t_g : 黒球温度(°C)
- v_a : 気流速度(m/s)
- ε_g : 平均放射率
- d : 黒球の直径
- t_a : 空気温度(°C)

その他、PZ と IZ における床面から 1100mm の高さで測定した 10～16 時の平均温度・相対湿度・黒球温度とインテリア部で測定した 10～16 時の平均気流速度 (ペリメータ部の気流速度はインテリア部と同値と仮定) の結果を用いて PMV (Predicted Mean Vote) と SET* (Standard Effective Temperature) を算出し、室内熱環境を評価した。なお、PMV と SET* の算出に必要な着衣量は別途調査している建物別の平均着衣量を用い、代謝量は 1.2Met とした。PMV による評価は快適域とされる「-0.5 ≤ PMV ≤ +0.5」であるか、SET* による評価は快適域とされる「22.2°C ≤ SET* ≤ 25.6°C」であるか確認した。

浮遊微粒子個数濃度は室内外の粒径別個数濃度を示すとともに I/O 比 (室内浮遊微粒子個数濃度 / 外気浮遊微粒子個数濃度) で評価した。等価騒音レベルは 1 分間隔の等価騒音レベル

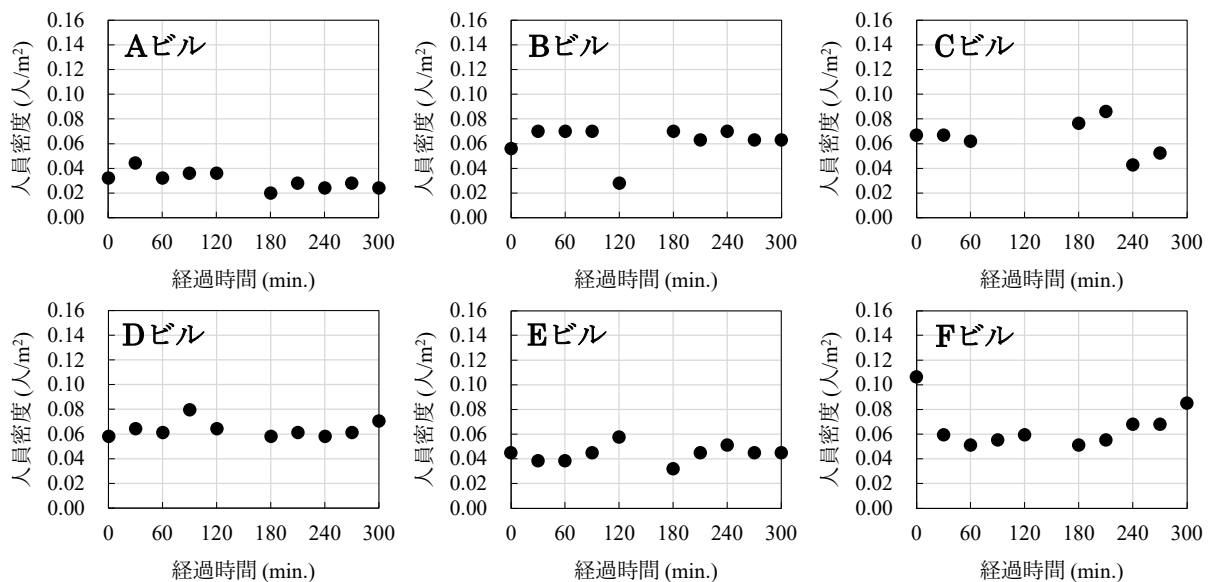


図 2-1-2 人員密度の推移

表 2-1-3 10～15 時の平均人員密度 (人/m²)

A ビル	B ビル	C ビル	D ビル	E ビル	F ビル
0.031	0.063	0.065	0.064	0.044	0.066

の推移を示すとともに建物間においてその大小を比較した。

C. 研究結果

C.1. 在室人数の調査結果

人員密度の推移を図 2-1-2、10～15 時の平均人員密度を表 2-1-3 に示す。いずれも時刻別に人員密度に大きな変動は見られないが、B ビルは 120 分後 (12:00) は休憩開始時間の影響により他の時間より少なくなっており、F ビルは朝礼の影響により他の時間より多くなっている。平均人員密度は B・C・D・F ビルが 0.065 人/m² 程度であり、A ビルは 0.031 人/m²、E ビルは 0.044 人/m² と比較的人員密度が低い傾向が見られた。

C.2. CO₂濃度・温度・相対湿度の測定結果と換気量の推定

はじめに、CO₂濃度・空気温湿度の推移を図 2-1-3 に示す。CO₂濃度は B ビルにおいて 12～13 時を除いて単調増加しており、人員密度に対して換気量が少ない可能性がある。F ビルは朝礼の影響により人員密度が高かった 10 時の濃度が高くなっているが、その後は減少している。その他の建築物では時間的な変動は小さい結果であった。なお、B・C ビルは比較的市街地に立地しており、外気 CO₂濃度が他の建築物と比較して高い傾向にあった (B ビル: 463ppm、C ビル: 511ppm)。温度は A・D・E ビルでは外気温度が 32°C を超過する日であったことから室内温度も 28°C 程度まで上昇する箇所があった。相対湿度は F ビルで 70%RH を超過する時間帯があるが、外部に通ずるドアが開放されていた影響と考えられる。その他の建築物では比較的分動は小さいが、相対湿度は温度の影響も含まれるため、温度に変動に追従して変動している箇所もある。

次に、CO₂濃度・空気温湿度の平面分布を確認するため、測定点毎の平均値の集計結果を図 2-1-4 に示す。最大 7 点設置した CO₂濃度・温湿度計 (TR-76Ui) の測定値に対して 10～16 時の平均値で集計し、図中の●プロットは中央値、エラーバーは最高値と最低値を示している。即ち、エラーバーのレンジが大きいほど平面分布が大きいことを示している。CO₂濃度の平面分

布が最も大きいのは B ビルであり、No. 2 が 1236ppm、No. 4 が 1145ppm と約 90ppm 差が生じていた。次いで C ビルが約 80ppm の差があるものの、その他の建築物では約 50ppm 程度の差となっており、測定機器の機差による影響も考えられ、平面分布は大きくないと考えられる。温度の最高値と最低値の差は A ビルが 1.3K、B ビルが 1.3K、C ビルが 0.7K、D ビルが 1.9K、E ビルが 1.2K、F ビルが 1.3K であった。A ビルでは室中央付近である No. 1・2・7 の平均温度はそれぞれ 24.8°C・24.9°C・25.2°C であるのに対して比較的開口部に近い No. 3・4・5 の平均温度はそれぞれ 25.7°C・25.5°C・26.1°C と開口部近傍の温度が高い傾向が見られた。同様に、C ビルでは開口部近傍である No. 3・4・6 の温度は No. 1・2 と比較して 0.5K 程度高い。D ビルでは No. 2 の温度が他の測定点と比較して 1K 以上低くなっているが、フリーアドレス席となっており、OA 機器などの発熱源が少なかった影響も考えられる。F ビルでは No. 3 の温度が他の測定点と比較して 0.5K 以上低くなっているが、屋内駐車場 (外部に通ずる空間) に通ずるドアが開放されていた影響と考えられる。相対湿度の最高値と最低値の差は A ビルが 6%RH、B ビルが 5%RH、C ビルが 3%RH、D ビルが 5%RH、E ビルが 5%RH、F ビルが 5%RH であった。最も差が大きい A ビルでは温度が低い No. 1 が 62%RH、温度が高い No. 5 が 56%RH となっており、温度の影響により相対湿度に差が生じたと考えられる。

最後に、得られた CO₂濃度の結果から推定した換気量の結果を表 2-1-4 に示す。本表はサイデルの式により 1 人あたりの換気量を推定し、当該時刻の在室者数から総換気量を算出し、床面積あたりの換気量を推定した。最も換気量が少ないのは B ビルであり、1.5CMH/m² であった。そのため、前述のように室内 CO₂濃度が高くなったと考えられる。最も換気量が多いのは F ビルであるが、これは外部に通ずるドアが開放されていたことが要因と考えられる。A ビルでは 1.9CMH/m² と他の建築物と比較して換気量は少ない傾向があるものの、平均人員密度は 0.031 人/m² と少ないことから室内 CO₂濃度は 800ppm を超過していない結果となった。

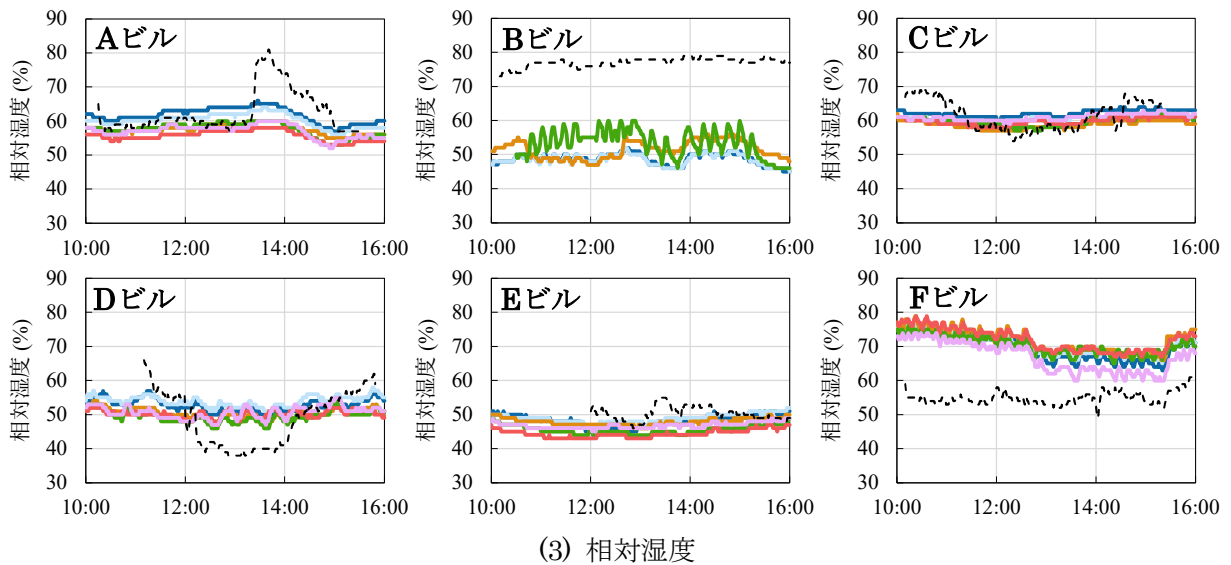
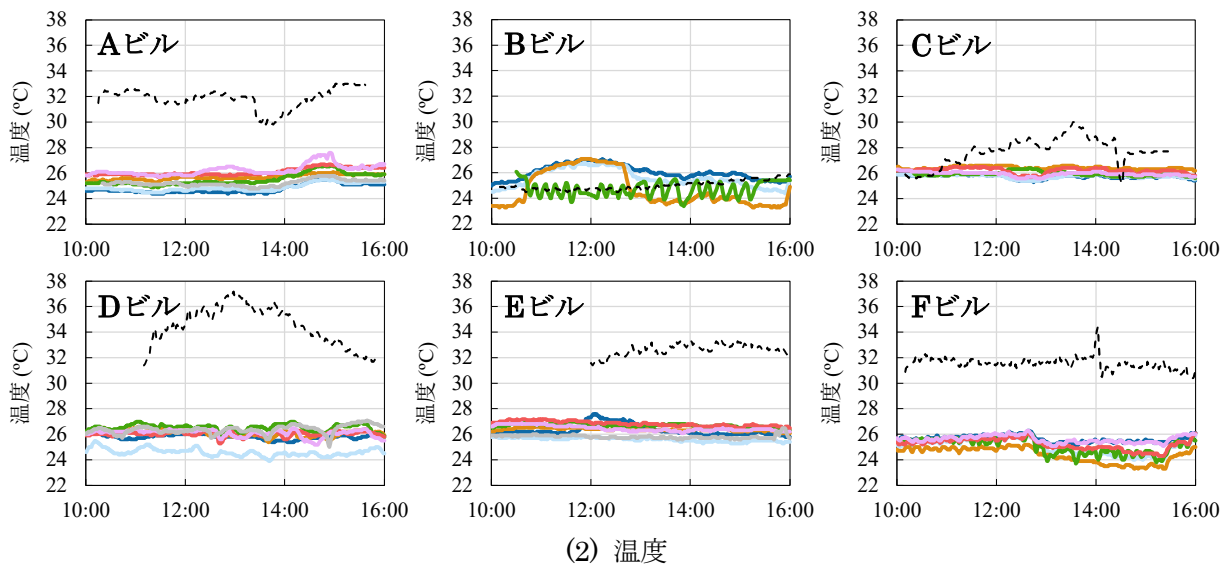
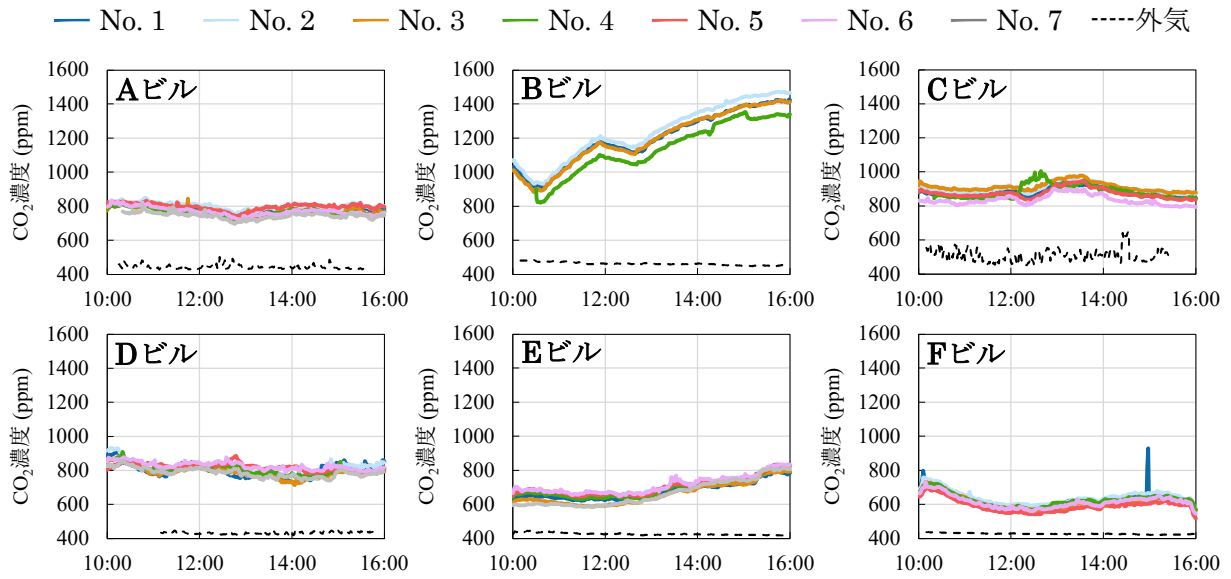
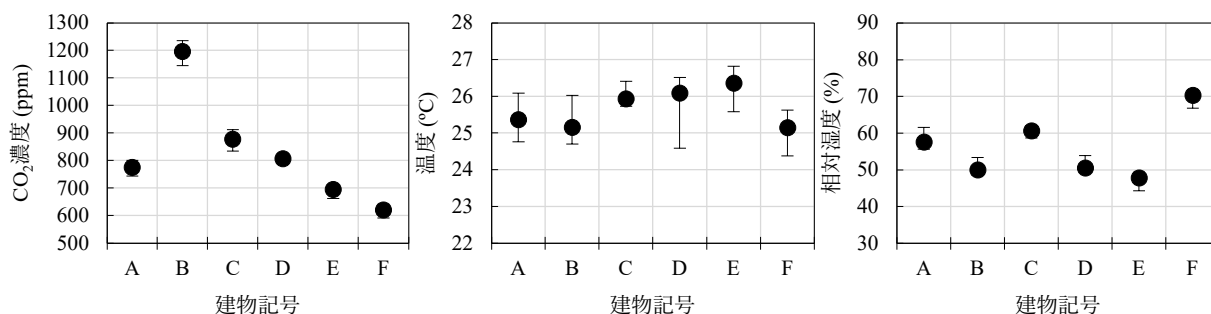


図 2-1-3 CO₂濃度・温度・相対湿度の推移



【図 2-1-4 注記】1)本図は最大 7 点設置した CO₂濃度・温湿度計 (TR-76Ui) の測定値に対して 10~16 時の平均値で集計し、図中の●プロットは最大 7 点の中央値、エラーバーは最大 7 点のうち最高値と最低値を示している。2)A ビルでは No. 6、C ビルでは No. 5 は休憩スペースに設置された測定機器のため、本分析からは除外した。

図 2-1-4 CO₂濃度・温度・相対湿度の平面分布

表 2-1-4 サイデルの式による換気量の推定

	Aビル	Bビル	Cビル	Dビル	Eビル	Fビル
推定対象時刻	14:11-14:40	15:31-16:00	11:01-11:30	13:01-13:30	10:31-11:00	14:21-14:50
推定対象時刻の人数	7	9	13	20	6	16
平均室内 CO ₂ 濃度 (ppm)	779.8	1407.0	853.7	785.7	649.9	629.0
平均外気 CO ₂ 濃度 (ppm)	444.8	452.9	509.2	431.8	437.5	425.2
1人あたりの推定換気量 (CMH/人)	65.7	23.1	63.9	62.2	103.6	108.0
床面積あたりの推定換気量 (CMH/m ²)	1.9	1.5	3.9	3.8	4.0	7.4

C.3. 上下温度分布・平均放射温度・PMV・SET*による室内熱環境の評価

10~16 時の平均上下温度分布を図 2-1-5 に示す。床面から 100mm の位置と 1100mm の位置の PZ と IZ の温度差は A ビルが 0.3K・0.5K、B ビルが 0.7K・0.0K、C ビルが 0.3K・0.0K、D ビルが 0.9K・0.2K、E ビルが 0.8K・0.4K、F ビルが 0.0K・0.4K であり、1.0K を超える温度差は生じていなかった。当該 6 件は 2023 年冬期の調査においても 2.0K を超える温度差は生じていなかったことから、上下温度分布の観点では良好な熱環境が形成できていると考えられる。

平均放射温度の結果を図 2-1-6 に示す。測定日の天候は前述のとおり B ビルにおいて降雨があったことから、B ビルでは外気温度が低く PZ の方が平均放射温度が低くなっている。一方、その他の建築物では日最高外気温度がいずれも 30°C を超過していたことから、PZ の平均放射

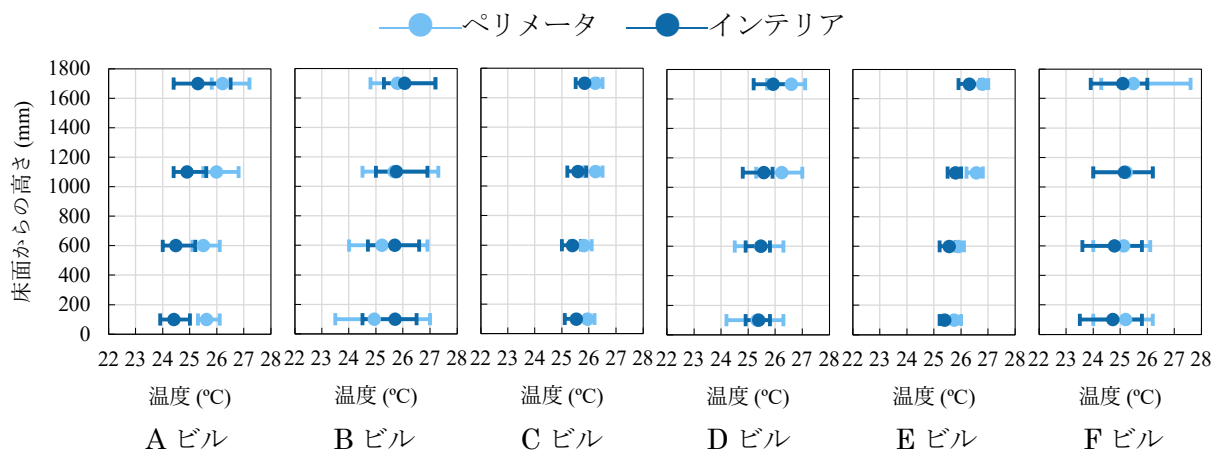
温度の方が高い結果となった。

PMV の結果を図 2-1-7 に示す。PMV は A ビルの IZ が 0.13 と最も熱的中立に近く、E ビルの PZ が 0.80 と最高値であった。それぞれの PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) は 5%・17% であり、E ビルの PZ はやや暖かいゾーンであったと考えられる。なお、快適域とされる「 $-0.5 \leq PMV \leq +0.5$ 」の範囲から逸脱するのは C ビルの PZ (0.62)、D ビルの PZ (0.59)、E ビルの PZ (0.80)・IZ (0.60) であった。

SET*の結果を図 2-1-8 に示す。SET*は A ビルの IZ が 25.8°C と最低値であり、E ビルの PZ が 27.7°C と最高値であった。なお、快適域とされる「 $22.2^{\circ}\text{C} \leq SET^* \leq 25.6^{\circ}\text{C}$ 」の範囲にあるゾーンは無かった。

C.4. 浮遊微粒子個数濃度の測定結果

浮遊微粒子個数濃度の結果を図 2-1-9、I/O 比を図 2-1-10 に示す。特定建築物である A・B・C ビルの I/O 比は中小規模建築物と比較して低



【図 2-1-5 注記】 図中の●プロットは 10～16 時の平均値を示しており、エラーバーは最高値・最低値を示している。

図 2-1-5 10～16 時の平均上下温度分布

い結果であった。A ビルでは外調機に ASHRAE 質量法 81%のフィルターと空調に比色法 90%のフィルターが設置されており毎月清掃されている、B ビルでは空調に比色法 90%のフィルターが設置されていることから粒径の小さい浮遊微粒子まで除去できていたと考えられる。一方、建物によらず、粒径の大きい浮遊微粒子の I/O 比は高く、D ビルの $5\mu\text{m}$ 以上、E ビルの $10\mu\text{m}$ 以上、F ビルの $0.5\sim 3.0\mu\text{m} \cdot 5\mu\text{m}$ 以上の粒径では I/O 比は 1.0 を超えていた。即ち、室内濃度が外気濃度と比較して高くなっているが、これは人体由来による増加と人体活動に伴う増加が要因と考えられる。

C.5. 等価騒音レベルの測定結果

10～15 時の等価騒音レベルの推移を図 2-1-11、10～15 時の等価騒音レベルの集計値を図 2-1-12 に示す。各建物における等価騒音レベルの中央値の最低値は E ビルで 48.2dB[A]、最高値は F ビルで 52.9dB[A]であった。F ビルは外部に通ずるドアが開放されていたことから、外部騒音の影響により高くなったと考えられる。

D. まとめ

本節では 6 件（特定建築物：3 件、中小規模建築物 3 件）の建物の概要を示した。特定建築物 3 件の内、2 件が中央管理方式の空調であった。

室内熱環境・空気質・音環境の測定では 2023 年 8～9 月の代表 1 日を選定して 10～16 時を対象に室内熱環境・空気質・音環境の測定を実

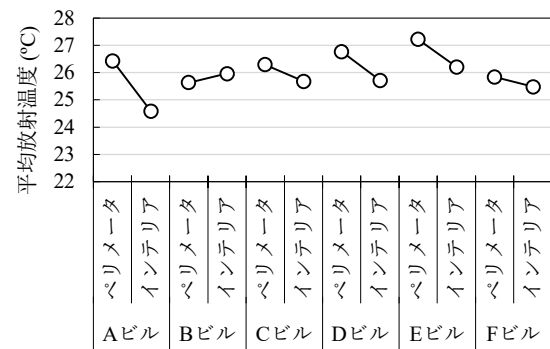


図 2-1-6 平均放射温度

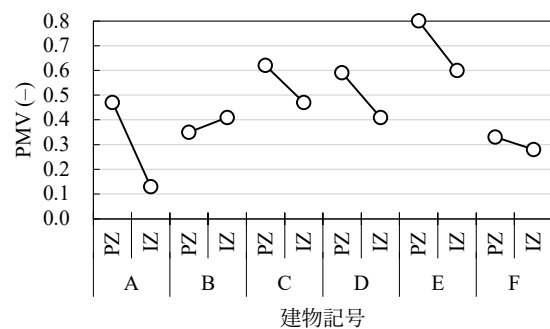


図 2-1-7 PMV

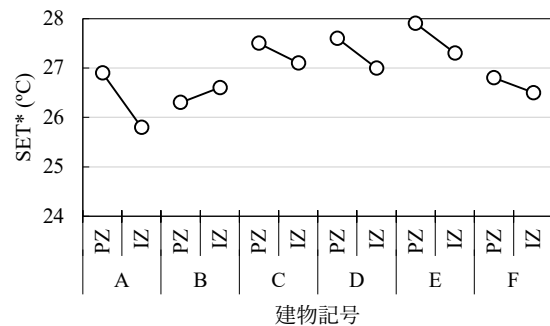


図 2-1-8 SET*

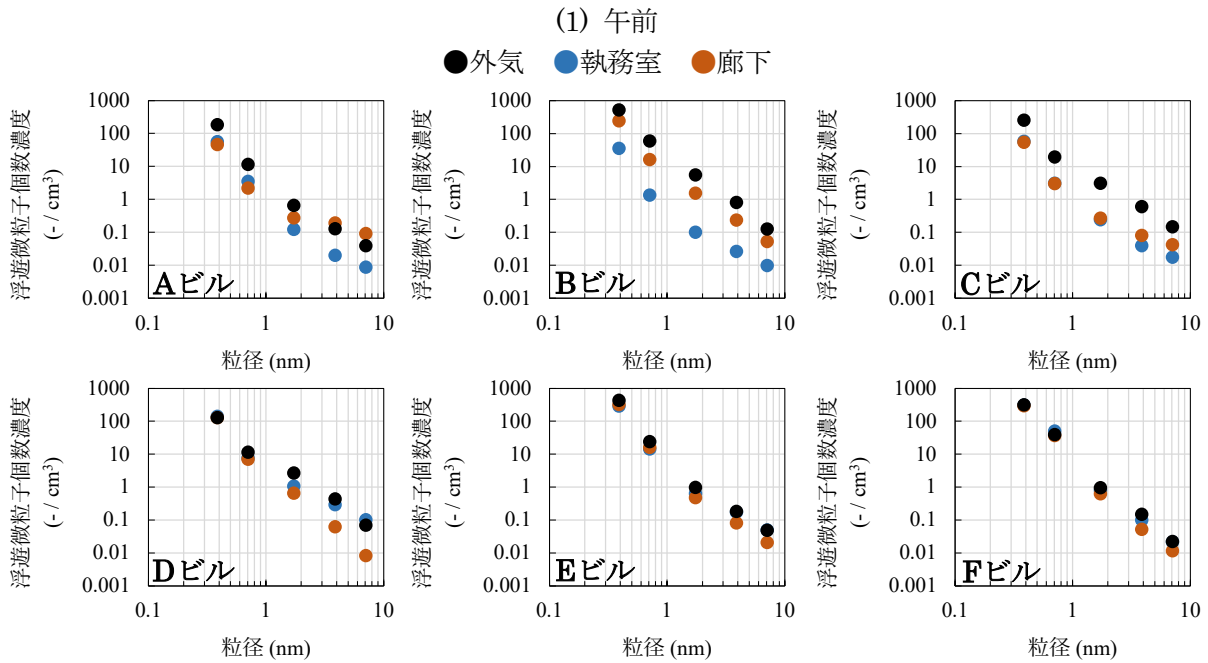
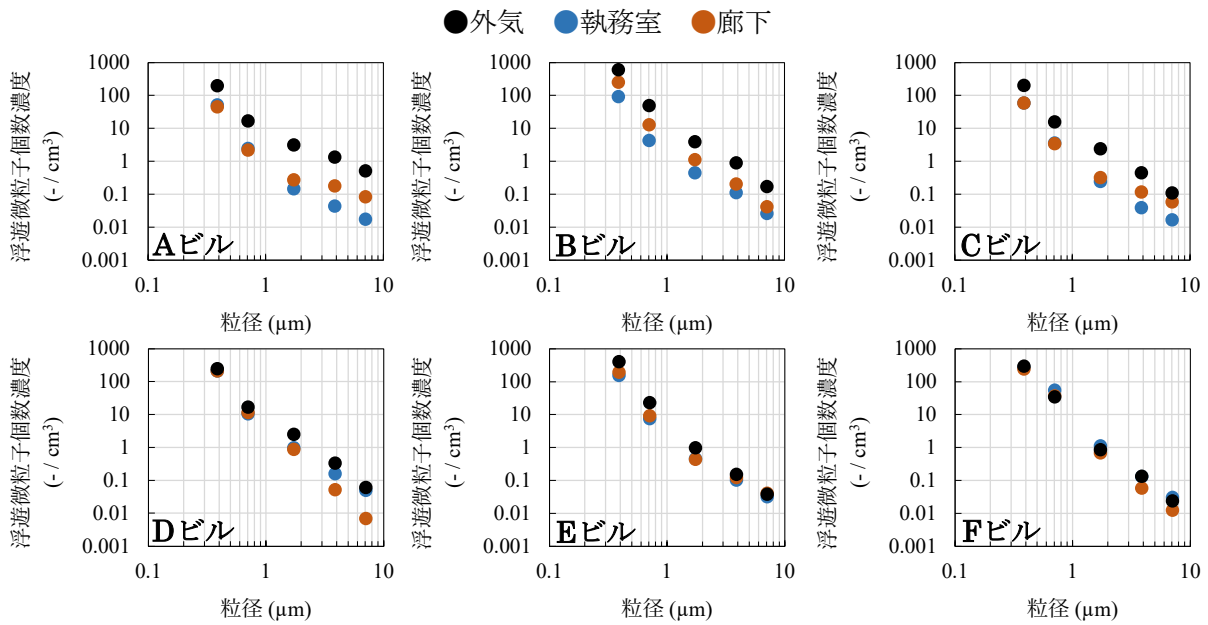


図 2-1-9 浮遊微粒子個数濃度

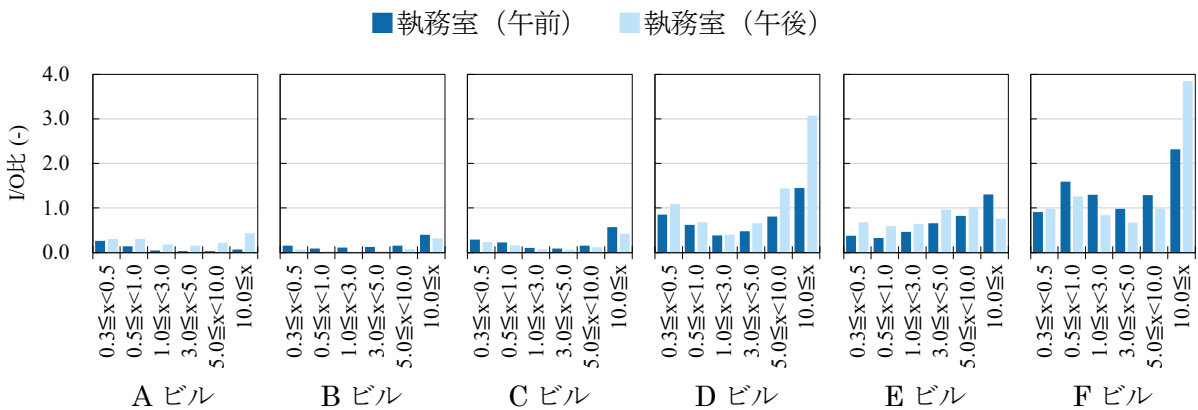


図 2-1-10 浮遊微粒子個数濃度の I/O 比

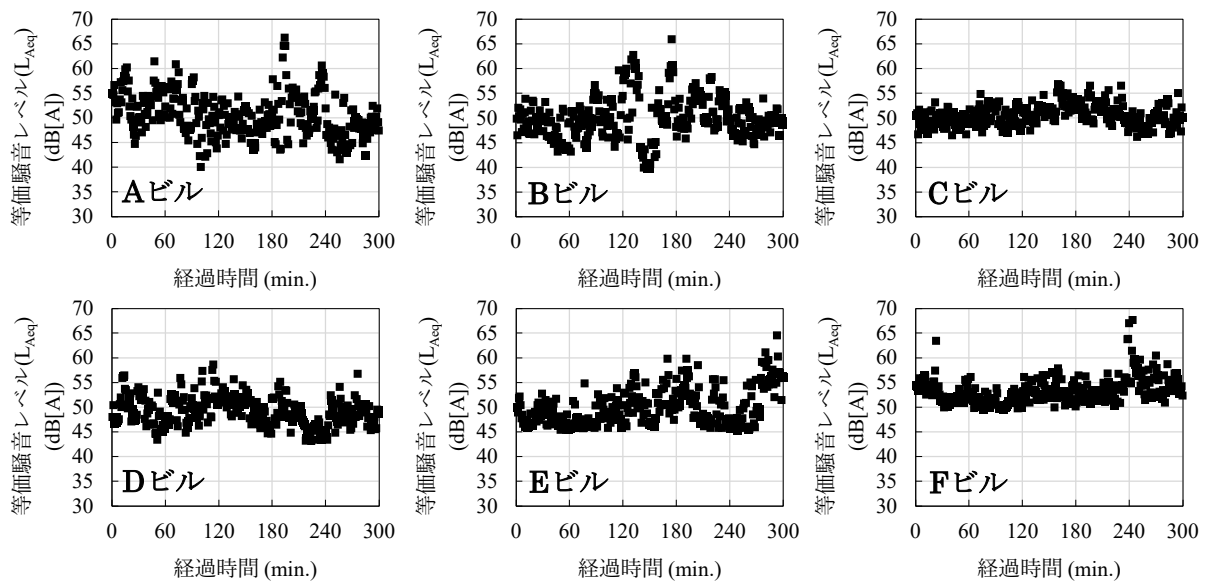


図 2-1-11 10～15 時の等価騒音レベルの推移

施した。CO₂濃度・空気温湿度の結果から平面分布を確認するとともに、CO₂濃度の結果からサイデルの式により換気量を推定した。また、室内熱環境を上下温度分布・平均放射温度・PMV・SET*を用いて評価し、上下温度分布において不快に感じる上下温度差は生じていなかったものの、PMV・SET*ではやや暖かいゾーンも C・D・E ビルにおいて確認された。室内空気質は浮遊微粒子個数濃度の I/O 比を用いて評価し、特定建築物である A・B・C ビルの I/O 比は中小規模建築物と比較して低い結果であった。室内音環境は 10～15 時の中央値はいずれの建物においても 50dB[A]であり、問題となる音環境ではないと考えられる。室内環境評価の結果は後述の主観評価の分析の際に利用する予定である。

E. 参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生工学便覧, 第 13 版, 第 5 編. p. 256.
- 2) ASHRAE: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE 55-2023. 2023.
- 3) 日本産業規格: 熱環境の人間工学—WBGT (湿球黒球温度) 指数を用いた熱ストレス評価, JIS Z 8504. 2021.

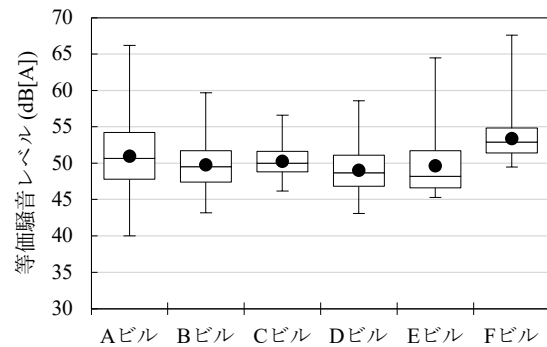


図 2-1-12 10～15 時の等価騒音レベル

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

2-2. 温湿度の維持管理手法に関する検討

A. 研究目的

本節では空気温湿度に着目して主観評価調査を実施した。本節の前半では主観評価調査の集計結果を報告し、後半では執務者の主観評価により空気温湿度を適切に室内環境を評価可能な項目を検討した。

B. 研究方法

主観評価調査の概要（温湿度環境、個人特性のみ）を表 2-2-1 に示す。温度環境については回答時の温湿度を予測いただくほか、温度感覚、気流の有無、満足度を調査した。湿度環境については発汗の有無、空間の湿り程度、満足度を調査した。また、温度環境・湿度環境の主観評価に影響を及ぼす可能性がある年齢層、性別、体調、主観評価調査回答直前の行動、暑さ対策として実施している事項、暑がり・寒がり等を調査した。調査日に出勤していた執務者に対して Web 上で回答いただき、主観評価調査は 101 名から回答を得た。

前節で測定した温湿度の結果と主観評価結果の分析により、温湿度の維持管理手法について検討した。ここでは、表 2-2-1 中の Q1-2 に回答した全回答者のうち、「やや暖かい」「暖かい」「暑い」のいずれかを申告した回答者数の比率（以降、暑熱側申告率）、Q1-2 に回答した全回答者のうち、「やや寒い」「寒い」「非常に寒い」のいずれかを申告した回答者数の比率（以降、寒冷側申告率）、Q2-2 に回答した全回答者のうち、「ややジメジメしている」「ジメジメしている」「非常にジメジメしている」のいずれかを申告した回答者数の比率（以降、湿潤側申告率）、Q1-4 に回答した全回答者のうち、「やや不満」「不満」「非常に不満」のいずれかを申告した回答者数の比率（以降、温度に対する不満側申告率）、Q2-3 に回答した全回答者のうち、「やや不満」「不満」「非常に不満」のいずれかを申告した回答者数の比率（以降、湿度に対する不満側申告率）に着目し、分析を行った。また、前節では室内熱環境の評価として PMV と SET*も算出したため、これらの指標との分析も行った。

C. 研究結果

C.1. 回答者属性

温度環境に関する主観評価結果を図 2-2-1～図 2-2-10 に示す。年齢層は 20～60 代以上と幅広く回答があった。性別は全体で男性が約 66%とやや多く、C ビルは約 80%が男性であった。回答直前の行動は PC・事務作業が約 70%と最多であったが、D・E・F ビルは外勤・出張後の申告も約 20～30%あった。暑がり・寒がり特性は全体の約 27%が暑がり側であったが、B ビルでは暑がりの回答者はなかった。卓上扇風機は全体の約 20%の回答者が利用していたが、F ビルは 1 人のみ利用していた。窓開けは F ビルのみで実施されていたが、外部に通ずるドアの開放と考えられる。水分補給は全体の約 71%の回答者が実施していた。軽装は全体の約 51%が実施していたが、C・E ビルでは 30%以下であった。着座位置は「窓の近く」と「室中央」が全体の約 4 割ずつであった。直上の空調吹出口・換気口の有無はおよそ半数の回答者が「ある」と回答した。

C.2. 温湿度環境に関する主観評価

温湿度環境に関する主観評価結果を図 2-2-11～図 2-2-16 に示す。温度感覚では寒冷側申告率が全体の 24%、暑熱側申告率が 20%であったが、D ビルは寒冷側申告率が 38%であり他の建物よりも高い。気流感は全体の約 60%が感じる側の申告、発汗は全体の 10%が有の申告であった。空間の湿り程度では湿潤側申告率が 28%であり、B・F ビルでは 50%であった。温度環境・湿度環境の満足度はいずれも全体の約 45%が満足側の回答であり、「どちらでもない」を含めると約 8 割であった。温度に対する不満側申告率が最も大きいのは B ビル、湿度に対する不満側申告率が最も大きいのは B・C ビルであった。

温度環境の満足度 (Q1-4) に影響を及ぼす因子を明らかにするために温度感覚と温度環境の満足度に対してカイ二乗検定の独立性の検定により分析した。温度感覚と温度環境の満足度の分析結果を表 2-2-2 に示す。温度に対する不満側の申告をした回答者は Q1-2 で暑熱側の申告・寒冷側の申告がいずれも有意に高いことが示された。夏期においては暑熱側の不満回答が増加するほか、冷房の気流が当たることにより不満回答が増加したことが要因として挙げられ

る。また、温度感覚に対する申告に影響を及ぼす個人属性を明らかにするために気流感の有無、着座位置、直上の吹出口の有無、年齢層、性別、暑がり・寒がり特性に着目して同様の検定を行った結果を表 2-2-3～表 2-2-8 に示す。これらの結果によると、温度感覚の申告に対して男性は暑熱側の回答が有意に高く、寒がりの申告者は寒冷側の申告が有意に高い結果となった。一方、着座位置や年齢層は温度感覚の申告に影響しない可能性が示された。

湿度環境の満足度 (Q2-3) に影響を及ぼす因子を明らかにするために温度感覚と湿度環境の満足度に対してカイ二乗検定の独立性の検定により分析した。空間の湿り程度と湿度環境の満足度の分析結果を表 2-2-9 に示す。湿度に対する不満側の申告をした回答者は Q2-2 で湿潤側の申告が有意に高く、高湿度環境が不満要因となっていると考えられる。また、空間の湿り程度に対する申告に影響を及ぼす個人属性を明らかにするために直上の吹出口の有無、着座位置、性別、年齢層に着目して同様の検定を行った結果を表 2-2-10～表 2-2-13 に示す。これらの結果によると、空間の湿り程度の申告にはいずれの個人属性も影響しない可能性が示された。

C.3. 主観評価による温湿度管理手法の検討

はじめに、回答者が室内温湿度環境を正しく認識しているかを判定するために、温湿度の測定値と回答者の予想温湿度の相関を図 2-2-17～図 2-2-18 に示す。測定温度と予想温度の差は回答が得られた 95 名の内、52 名 (約 55%) が $\pm 1\text{K}$ 、71 名が (約 75%) $\pm 2\text{K}$ の回答であり、測定相対湿度と予想相対湿度の差は回答が得られた 95 名の内、60 名 (約 63%) が $\pm 10\%\text{RH}$ 、64 名 (約 88%) が $\pm 20\%\text{RH}$ の回答であった。正しく温湿度環境を認識している回答もあるが、D ビルでは 25.7°C の環境に対して 20°C と回答している場合もあり、個人差が大きい結果となった。また、相対湿度については 65% の回答者が測定相対湿度よりも低く回答しており、特に、F ビルでは全員が測定相対湿度よりも低く予想しているため、夏期の湿度環境を評価する観点からは危険側の評価となる可能性がある。

次に、空気温度の維持管理手法の検討のために、前節の温度の測定結果と暑熱側申告率・温

度に対する不満側申告率に関する相関を図 2-2-19 に示す。室内温度と暑熱側申告率・温度に対する不満側申告率には明確な相関は見られなかった。これは、温度に対する不満側の申告は暑熱側・寒冷側の 2 つの要因があることが要因として挙げられる。

相対湿度の維持管理手法の検討のために、平均室内相対湿度と湿潤側申告率・湿度に対する不満側申告率の相関を図 2-2-20 に示す。B ビルは主観評価調査日に降雨があったことから湿潤側申告率が高くなった可能性があり、B ビルを除けば平均室内相対湿度と湿潤側申告率には正の相関 ($R=0.945$ 、 $p=0.015$) が見られた。最も平均相対湿度が高い F ビルでは湿潤側申告率が 50% のときに平均相対湿度は約 70% (建築物環境衛生管理基準値の上限値) であることから、「湿潤側申告率が 50% を超過した際に対策を講じる」などの管理に利用できる可能性がある。

PMV と温度に対する不満側申告率・湿度に対する不満側申告率の相関を図 1-2 に示す。PMV と温度に対する不満側申告率には一定の相関が見られたものの、 $R=0.383$ 、 $p=0.453$ と有意な相関は見られなかった。これは、温度に対する不満側の申告は暑熱側・寒冷側の 2 つの要因があることが挙げられ、空気温度の維持管理手法については引き続き詳細な分析が求められる。なお、本研究では主観評価による空気温湿度の維持管理手法を検討しており、安全側の評価の観点から「やや不満」～「非常に不満」の申告を「不満側申告率」と定義した。PMV が +0.5 である場合の PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) は 10% であり、本研究で定義した不満側申告率の結果と大きく乖離するが、「不満」～「非常に不満」の申告を「不満側申告率」と定義すると、PMV が 0.60 である E ビルの IZ において不満側申告率は 10% となり、PPD の結果と概ね一致する。

D. まとめ

本節では執務者の主観評価による夏期の室内空気温湿度の維持管理手法を検討した。中小規模建築物である D・E ビルでは平均空気温度が 26.5°C を超過する測定点もあり、特定建築物と比較して空気温度が高い可能性が示された。

また、湿度の維持管理には「湿潤側申告率」の指標が利用できる可能性が示されたものの、空気温度については温度に対する不満側の申告は暑熱側・寒冷側の2つの要因があることに加えて申告に個人属性が影響していることから引き続き詳細な分析が求められる。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

3. 著書

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

2-3. 光環境に関する夏期詳細測定・長期測定結果と主観評価結果

A. 研究目的

視覚による脳刺激は作業効率や知的生産性
或いは健康性等、様々な影響があることがわ
かっている。それだけでなく、日中の光環境へ
の暴露がサーカディアンリズム、すなわち睡眠
の質に影響を及ぼすこと、延いては肥満や糖尿
病、うつ病、代謝障害等の疾患にもつながるこ
とも知られており^{1,2)}、この意味においても日中
活動の場である執務室の光環境は重要である。

法規或いは公的基準に関して、光環境につい
ては建築物衛生法上の制約はないが、労働安全
衛生法（昭和 47 年法律第 57 号）に基づく事務
所衛生基準規則（昭和 47 年労働省令第 43 号）³⁾
にて、『室の作業面の照度を一般的な事務作
業 300 ルクス以上、付随的な事務作業 150 ルク
ス以上に適合させること』が規定されている。
事務所則で定める照度の基準は、明るさ不足に
伴う眼精疲労や視環境の悪さに伴う悪姿勢によ
る上肢障害等の健康障害を防止することが目的
である。平成 4 年には、事業者が講ずべき快適
な職場環境の形成ための措置に関する指針（平
成 4 年労働省告示第 59 号、以下、「快適職場指
針」）が示され、視環境を快適な状態に維持管理
するための措置が取り上げられている。一方、
CASBEE ウェルネスオフィス⁴⁾では、タスク・
アンビエント照明を前提とした照度基準（壁面・
天井面照度にも言及）、照度開口部グレア対策、
照明器具のグレア対策について記述がある。海
外では WELL 認証⁵⁾が BREEAM や NABERS
等で広く参照されており、机上面照度のほか、
サーカディアンリズムを考慮した光環境デザイ
ンや人工光・太陽光グレアコントロール、色環
境（演色性）、内装材の反射率、ブラインド自動
調整等 8 項目の評価項目がある。

本研究では、事務所ビルの机上面照度につい
て長期測定を行い、また色環境に関する詳細測
定を行い、執務室の光環境について評価・検討
する。このほか照度で執務時間外（夜間・休日）
の在・不在の判断にも利用可能であり、空調設
備やエネルギー評価に活用できる。さらに演色
性評価数の連続測定が可能であればブラインド
の開閉状態の判断も可能である。

B. 研究方法

B1. 照度測定（夏期詳細）

夏期詳細測定は、照度、相関色温度、色度偏
差、演色性評価数を評価する。測定にはスペク
トロメーター（SEKONIC SPECTROMETER
C700、定常光照度 1~200,000lux、相関色温度
1,600~40,000K、確度、照度指示値の±5%、
相関色温度±4MK-1）を用いて、執務者デスク
上 10 点の測定を行っている。好ましい色温度
と照度の関係としてクルイトフ曲線が一般に用
いられるが、今回測定したオフィス空間がクル
イトフ曲線の好ましい範囲に入っているかどう
か確認する。また、色度偏差の許容幅は、相関
色温度に応じて設定値±0.006 となっており、
この点についても確認する。

B2. 照度測定（長期測定）

長期測定は照度計（ONSET HOBO MX1104
0~167,731 lux, 精度±10%）をオフィス内の
代表点 1 点に設置、1 分間隔でサンプリングを
行った。なお、HOBO MX1104 は外部測定用（す
なわち太陽光の波長特性）として設計されてい
ることから、人工光源下ではずれが大きく、本
研究では SEKONIC C700 を用いて較正する。

B3. 光環境に関する主観評価

夏期詳細測定時にあわせて光環境に関する主
観評価を実施している。質問項目を表 2-3-1 に
示す。冬期測定（R4 年度）に実施した内容と同
じものを使用した。

C. 研究結果

C1. 相関色温度・照度・色度偏差

今回測定した 6 件の建築物のオフィス空間の
相関色温度および照度の測定結果をクルイトフ
曲線（図 2-3-1）上にプロットした。6 件の事務
所執務室とも望ましい範囲に含まれていること
がわかる。

相関色温度の変化幅の小さい A、C は、基本
的にブラインド等で日射遮蔽されていることが
多く、また開口部の方位、隣接建物の日影等の
要因により直接太陽光の影響を受けにくいこと
が原因である。一方、特定建築物の B 及び中小
規模建築物 D、E は相関色温度の分布幅が広く、
日射の影響を受けていることを示している。

図 2-3-2 に測定した 6 件の執務室における色

度偏差の状況を示す。色度偏差の許容値は JIS Z9112-2019 に規定されており、(1) 式で計算される。

$$duv = 57700 \times \left(\frac{1}{7}\right)^2 - 44.6 \times \left(\frac{1}{7}\right) + 0.0085 \pm 0.006 \quad (1)$$

duv が黒体放射軌跡より上側すなわちプラス側の場合、光色は緑味を帯び、マイナス側の場合赤紫味を帯びるため、同じ色温度でも印象が変化する。

測定結果を見てみると、A の執務室内では、午前から午後にかけて緑味側に偏差する箇所がある。B の執務室内は、場所によって緑味側に色度偏差許容値を超えている。A、B とともに主開口部は南西向きであり、太陽光入射に伴い内装色或いはガラス色の影響を受けやすいことが要因と考えられる。色度偏差の少ない E はほぼ終日一部を除いてブラインドを閉めている。20%ブラインドが開いている窓も網入り型ガラスであり、直射の影響を受けにくい。

図 2-3-3 は 6 件の執務室における照度分布を示している。平均値では C が 800lx 台で一番低く、E が 1500Lx 台で今回測定している 6 件の中では一番高い。ばらつきの大きな A や E は、電灯が 2 連或いは連続する列が 3 ないし 4 列配置され、場所によって消灯しており、こうした対応が照度むらを生じさせる原因となっている。

図 2-3-4 は、執務室における各測定点の平均演色評価数である。B 以外は平均、最低ともに Ra=80 を超えており、日本建築学会が定める事務室の Ra 基準(80)をクリアしている。一方、B に関しては東側壁側の 3 測定点の Ra 値が 70 台に落ちている。照明器具の端部光が壁面に反射しており、その内容反射の影響が考えられる。

C2.照度測定（長期測定）

図 2-3-5～図 2-3-10 に机上面照度の長期測定結果を示す。AM_average は 9～13 時の平均を、PM_average は 13～17 時の平均を示す。休日の値もプロットしている。A (図 2-3-5) は 1100～1200Lx で安定していること、冬期は午前中の机上面照度が高めになることがわかる。B (図 2-3-6) は 1200Lx 程度で比較的安定しているが、日によって点灯数を変更している様子が伺える。特に 23 年 11 月、12 月で段階的に照度を落と

している（ただしその場合でも事務所則 300Lx は確保している）。C(図 2-3-7)は照度 800Lx 前後でコントロールしている物件である。スクエア型照明器具を均等配置しており、センターコア型のオフィスでフロアが広いことが特徴で、照明負荷を考慮した設計の結果と考えられる。中小規模建築物である D (図 2-3-8)、E (図 2-3-9) は照度のばらつき（偏差）が大きく、日射の影響を受けていることがわかる。低層であることを考慮すると地表面反射の影響も受けやすいと推測される。一方、ブラインドを常時下げている F (図 2-3-10) は 1100Lx 前後で安定していることがわかる。なお、6 月、8 月に 800～900Lx に低下させている時期があり、省エネ等に関する何らかの取り組みの様子が伺える。

C3.光環境に関する主観評価結果

光環境に関する主観評価は、令和 5 年 8 月～9 月にかけて実施した物理詳細測定と同日に実施した。今回は Web アンケートにて回答してもらう方式に変更し、全体で 96 の有効回答を得た。図 2-3-11 は Q4-1 明るさ感の質問である。全体で見ると 55%が「4.明るくも暗くもない」を選択しており、「5. やや明るい」、「6. 明るい」が各 15%、「7. 非常に明るい」が 4%である。図 2-3-12 は Q4-2 光環境の違和感を質問しているが、90%は違和感がないという回答であった。違和感があると回答した 10%の理由は、天井の照明器具の配置が最も多かった。図 2-3-13、図 2-3-14 はパソコン作業時間割合と画面のまぶしさについて質問している。中小規模建築物 D、E、F はパソコン作業を主としない職種が含まれ、PC 作業が短いほど画面がまぶしいと回答している。デスクワーク主体の執務者は 80%以上パソコン作業をしており、画面をまぶしいとは感じていない。図 2-3-15 は相対的な光環境の満足度の回答結果である。選択肢 1～3 の不満側を選択している執務者は全体の 11%、4 どちらでもないが 33%であり、45%の執務者は選択肢 5 以上であった。図 2-3-16 は各執務室のアンケート回答時の照度平均値、平均演色評価数平均値と全体満足度の事務所ごとの平均値をプロットしたものである。光環境の満足度は照度とは相関性がなく、平均演色評価数とは有意に相関があることがわかる (p=0.021)。表 2-3-2

は Q4-1 明るさ感と Q4-5 光環境の満足感のクロス集計結果である（独立性の検定 $p < 0.001$ ）。残差分析の結果をみると、明るさ感と満足感はほぼ比例しているものの、明るさ感のスコアが高い（明るいと感じている側）で光環境の満足感が比例していないことがわかる。

D. 考察

物理測定及び光環境の主観評価結果を総合的に考察すると、執務面積が小さく、光環境（照明、開口部位置、内装材反射）のむらが生じやすい空間ほど評価がばらつく傾向にあることがわかった。このことは空間ボリューム・形態に応じて質問の仕方を工夫することが必要であることを示している。一般的な照明設計は光束法により行われることが多い。光束法はランプの光束(lm)と室指数、内装材反射率、保守率等を見込んで平均照度を算出するが、色再現等までは見込めない。また、省エネに配慮して発光効率を見ることはあるが、平均演色評価数 (Ra、ランプには表示されていることが多い) を指標に選んでいるかどうかは不明である。CASBEE ウェルネスオフィスでは、全般照明とタスク・アンビエント照明を分けており、1000Lx 以上は5段階のレベルのうちレベル 2（平均以下）とされている。WELL 認証では、アンビエント照明光（人工光源）で 215Lx 以上、アンビエント照明が 300lx 以下であれば、タスク照明は 300~500Lx（人工光源のみ）を求めており、グレアをコントロールした上で窓からの眺望や太陽光光源の活用を要求している（従って、実際には机上面は 500lx 以上になることを求めている）。なお 46.5m² 以内或いはオープンフロアプランでは5分割以上のゾーン制御を求めている。基本的には初期照明設計と開口部活用が主体であるといえる。近年、エコチューニングで照度を下げる動きがあるが、単に照度を下げる取り組みは心理生理的側面で影響が大きいため、注意が必要である。

E. 結論

6 件のオフィス空間における光環境を測定した結果、クルイトフ曲線では快適の範囲に入っているものの、明るさ感に関しては 11%が不満

側（特に B）、光環境の満足感でも同様(11%が不満側)となった。満足感（不満側）スコアは明るさ感スコアと相関があるが、明るい側に評価しているゾーンでは、満足感とは必ずしも相関していない様子が伺えた。

事業所毎にみると執務室のボリュームの小さな空間ほど内装反射や開口部の影響を受けていることがわかった。平均演色評価数 (CRI) は、照明光だけではなく空間内装等の反射光の影響も含むこと、CRI が低いほど光環境の満足度が低下しやすいこと等が推測できる結果となった。国内外の環境レーティングシステムをベースに今回の 6 件のオフィスを俯瞰すると、机上面照度だけで光環境の質を評価している評価システムはなく、様々な工夫を求めている。現状の照明システムでは、こうした極め細やかさには対応できていない。明確な根拠がない限り、既設照明の変更は難しい。この意味では、テナント側は適切なタスク照明を導入しているか否かでその質を判断できうると考える。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

参考文献

- 1) Yong Min Cho, Seung-Hun Ryu, Byeol Ri Lee, Kyung Hee Kim, Eunil Lee & Jaewook Choi. Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment, *The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*, Volume 32, 2015 - Issue 91294-1310, Published online: 16 Sep 2015
- 2) Santiago A. Plano, Leandro P. Casiraghi, Paula García Moro, Natalia Paladino, Diego A. Golombek and Juan J. Chiesa. Circadian and Metabolic effects of Light: implications in weight Homeostasis and Health, *Frontiers in Neurology*, vol.8. article 558, 2017
- 3) 事務所衛生基準規則（昭和 47 年労働省令第 43 号）令和 4 年 4 月 1 日施行
- 4) IBEC、CASBEE ウェルネスオフィス建築環境総合評価システム評価マニュアル（2021 年版）、2021.10
- 5) International well building Institute, WELL standard, v1., 2016
- 6) 岡本祥拓、リジャル H. B. オフィスビルにおける照度と明るさ感に関する研究、*空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（福島）*、133-136、2021.9
- 7) 照明環境規準・同解説、*日本建築学会環境基準*, AIJES-L0002-2016, 日本建築学会, 2016 年
- 8) 日本産業規格, JIS Z9125-2007 屋内作業場の照明基準, 2007 年
- 9) 照明学会, JIEG-008 オフィス照明設計技術指針, 2002 年

表 2-2-1 主観評価調査の概要（温湿度環境・個人特性）

【Q-1: 温度環境】

- 1) 現在居る空間の予想温湿度：記述回答
- 2) 温度環境：7 件法・単一回答
- 3) 気流の有無：4 件法・単一回答
- 4) 温度環境の満足度：7 件法・単一回答 → 「不満側」の場合、理由：4 件法・単一回答

【Q-2: 湿度環境】

- 1) 発汗の有無：2 件法 → 「有」の場合、発汗部位：9 件法・複数回答
- 2) 空間の湿り程度：7 件法・単一回答
- 3) 湿度環境の満足度：7 件法・単一回答 → 「不満側」の場合、理由：4 件法・単一回答

【Q-3: 個人特性】

- 1) 年齢層 2) 性別 3) 身長・体重 4) 勤務年数 5) 勤務地以前の居住地 6) 主観評価調査当日の体調
- 7) 主観評価調査直前の行動 8) 暑さ対策として実施していること 9) 暑がり・寒がり 10) 着衣状態
- 11) 回答者本人の喫煙の有無 12) 回答者の同居人の喫煙の有無 13) 既往症歴 14) ストレスチェック
- 15) 終業時の疲労の有無 16) 住居形態 17) 自宅の築年数 18) 自宅居間の冷房設定温度
- 19) 主観評価調査前日の睡眠状況 20) 睡眠による回復度 21) 自宅の温熱環境の満足度 22) 通勤時間
- 23) 着座位置 24) 直上の吹出口の有無

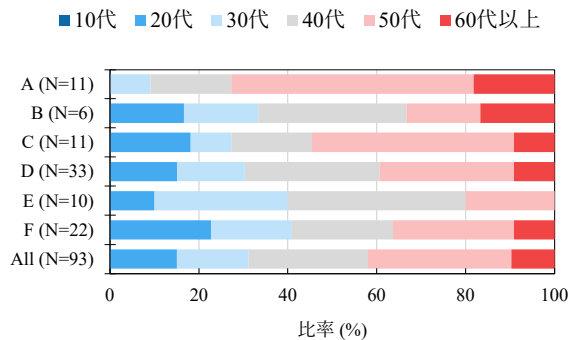


図 2-2-1 回答者の年齢層

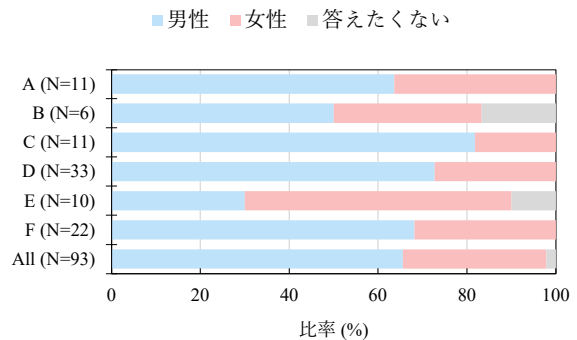


図 2-2-2 回答者の性別

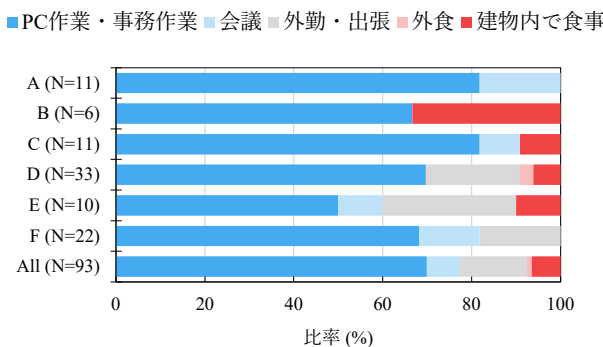


図 2-2-3 回答者の直前の行動

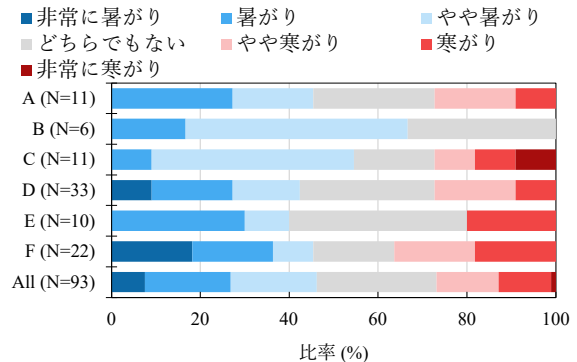


図 2-2-4 回答者の暑がり・寒がり申告

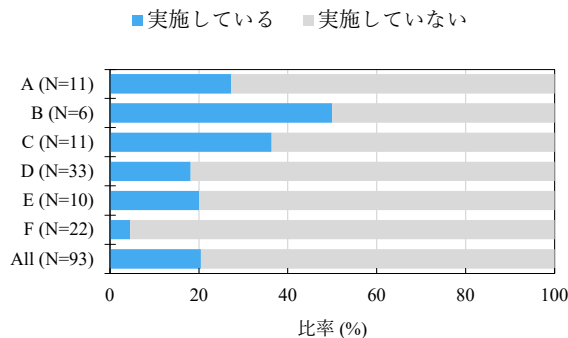


図 2-2-5 環境調整行動（卓上扇風機）

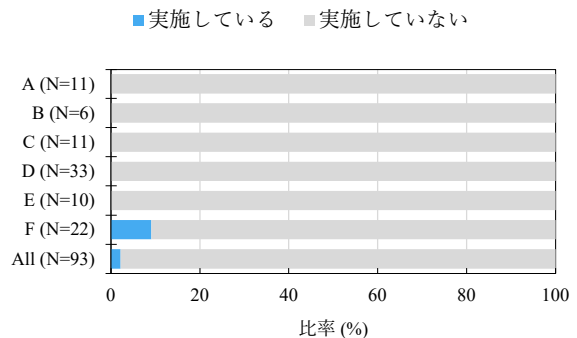


図 2-2-6 環境調整行動（窓開け）

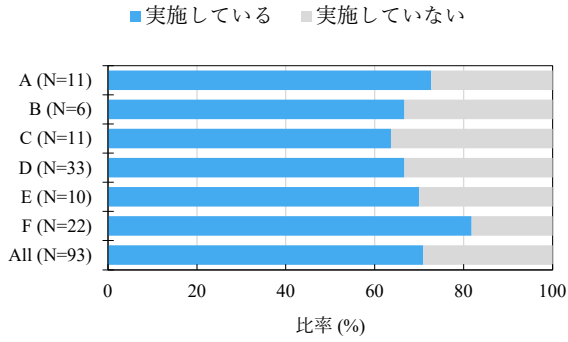


図 2-2-7 環境調整行動（水分補給）

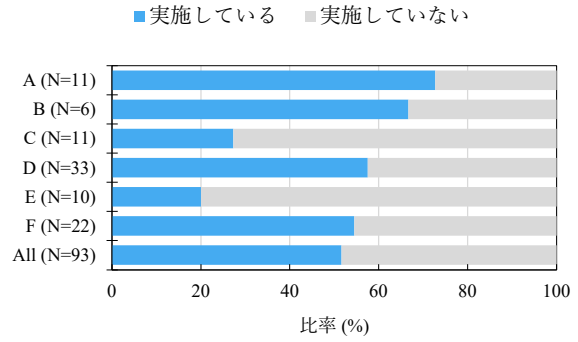


図 2-2-8 環境調整行動（軽装）

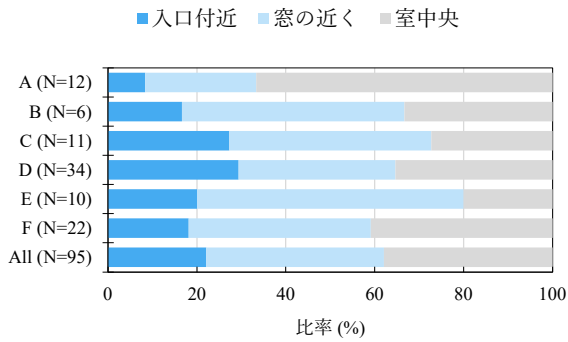


図 2-2-9 着座位置

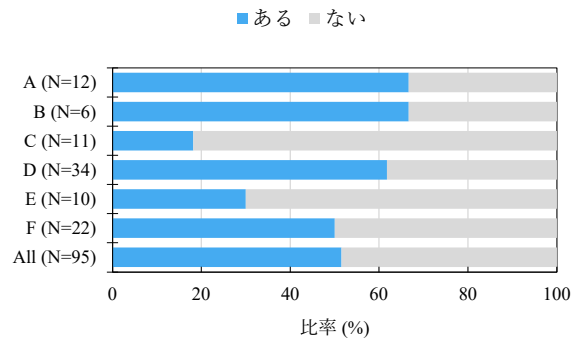


図 2-2-10 直上の空調吹出口・換気口の有無

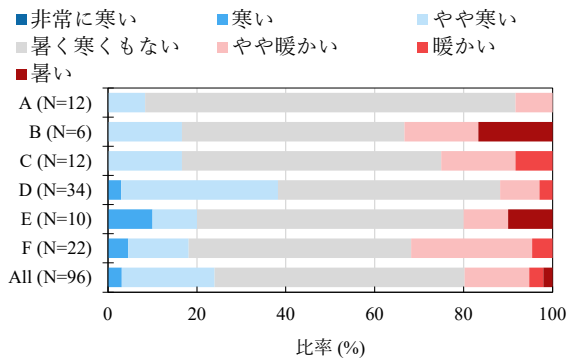


図 2-2-11 温度感覚

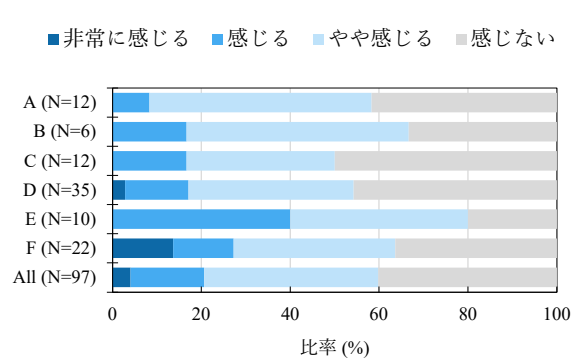


図 2-2-12 気流感

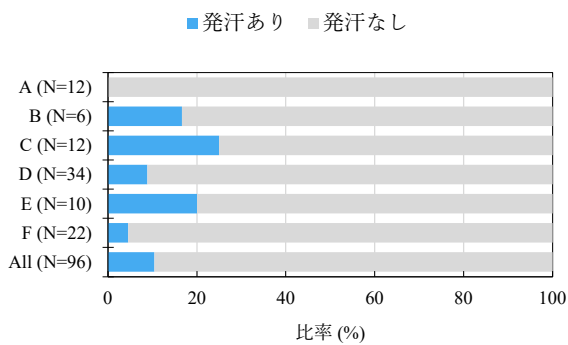


図 2-2-13 発汗の有無

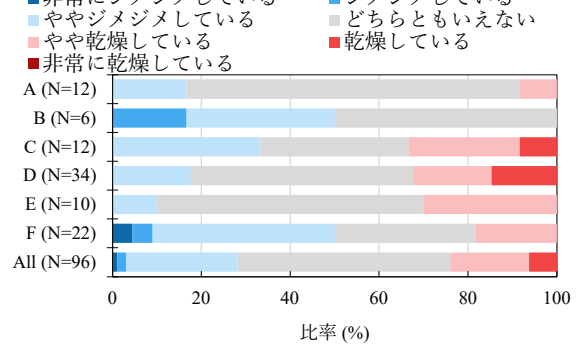


図 2-2-14 空間の湿り程度

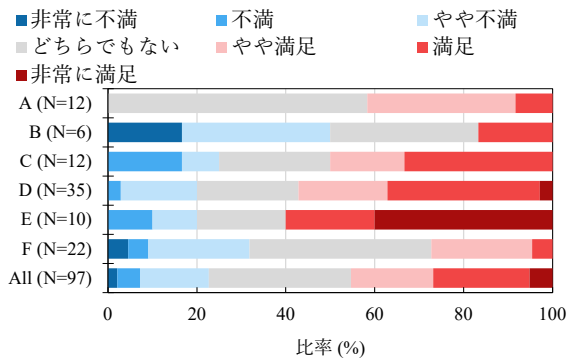


図 2-2-15 温度環境に対する満足度

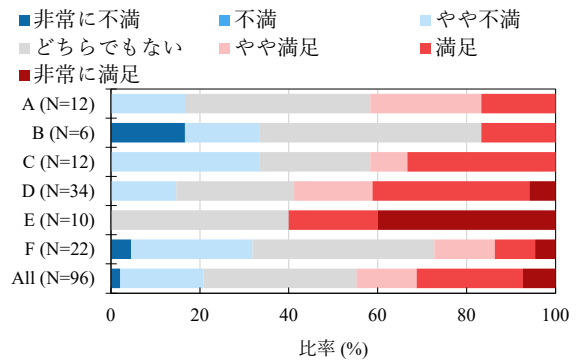


図 2-2-16 湿度環境に対する満足度

表 2-2-2 温度環境の満足度と温度感覚

実測値	温度環境の満足度(Q1-4)		
	不満側	中立	満足側
温度	10(+)	5	8
感覚	2(-)	20	32(+)
(Q1-2)	10(+)	5	4(-)

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p < 0.001$
 残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 2-2-3 気流感と温度感覚の有無

実測値		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
気流感	あり	15	35	8
の有無	なし	8	19	11
(Q1-3)				

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.190$
 残差分析 未実施

表 2-2-4 着座位置と温度感覚

実測値		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
着座	入口付近	6	10	5
位置	窓付近	7	25	6
(Q3-23)	室中央	10	18	8

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.626$
 残差分析 未実施

表 2-2-5 直上の吹出口と温度感覚

実測値		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
直上の	あり	11	30	8
吹出口	なし	12	23	11
(Q3-24)				

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.510$
 残差分析 未実施

表 2-2-6 年齢層と温度感覚

実測値		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
年齢層	-30代	4	21	4
(Q3-1)	40-50代	18	26	11
	60代-	1	5	3

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.134$
 残差分析 未実施

表 2-2-7 性別と温度感覚

実測値		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
性別	男性	9(-)	37	15(+)
(Q3-2)	女性	14(+)	14	2(-)

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.002$
 残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 2-2-8 暑がり・寒がりと温度感覚

実測値		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
暑がり	暑がり	7	24	12
寒がり	中立	4	18	3
(Q3-9)	寒がり	12(+)	10	3

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.012$
 残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 2-2-9 湿度環境の満足度と湿り程度

実測値	湿度環境の満足度(Q2-3)		
	不満側	中立	満足側
空間の	13(+)	8	6(-)
湿り	4(-)	17	25
程度	3	8	12
(Q2-2)			

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p < 0.001$
 残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 2-2-10 直上の吹出口と空間の湿り程度

実測値	空間の湿り程度(Q2-2)		
	湿潤側	中立	乾燥側
直上の	16	22	11
吹出口	11	24	11
(Q3-24)			

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.632$
 残差分析 未実施

表 2-2-11 着座位置と空間の湿り程度

実測値	空間の湿り程度(Q2-2)		
	湿潤側	中立	乾燥側
着座	5	12	4
位置	12	18	8
(Q3-23)	10	16	10

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.860$
 残差分析 未実施

表 2-2-12 性別と空間の湿り程度

実測値	空間の湿り程度(Q2-2)		
	湿潤側	中立	乾燥側
性別	18	30	13
(Q3-2)	8	15	7

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.953$
 残差分析 未実施

表 2-2-13 年齢層と空間の湿り程度

実測値	空間の湿り程度(Q2-2)		
	湿潤側	中立	乾燥側
年齢層	12	11	6
(Q3-1)	14	29	12
	1	5	3

カイ二乗検定(独立性の検定) : $p = 0.374$
 残差分析 未実施

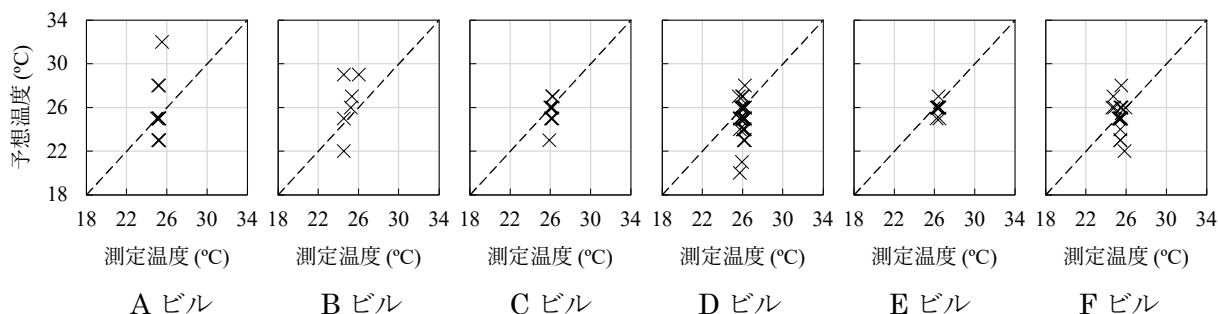


図 2-2-17 温度の測定値と回答者の予想温度の相関

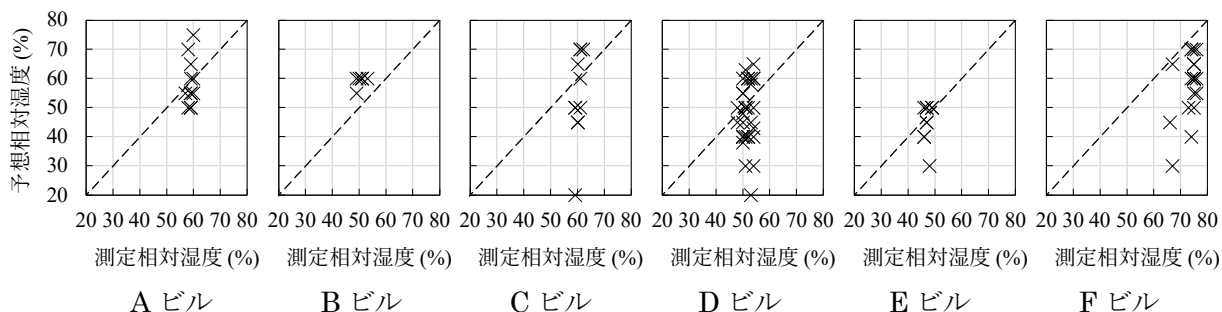
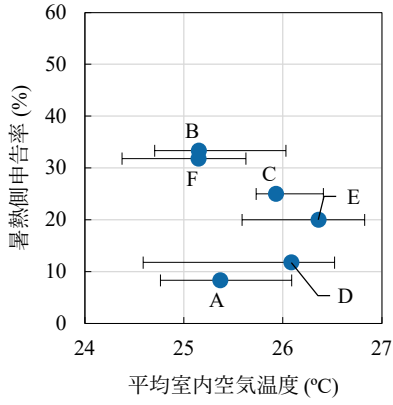
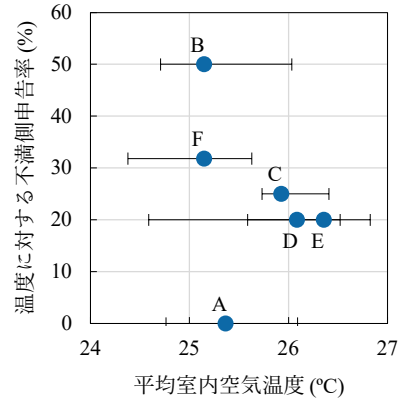


図 2-2-18 相対湿度の測定値と回答者の予想相対湿度の相関

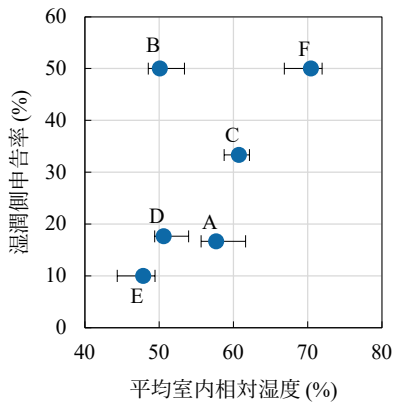


(a) 暑熱側申告率

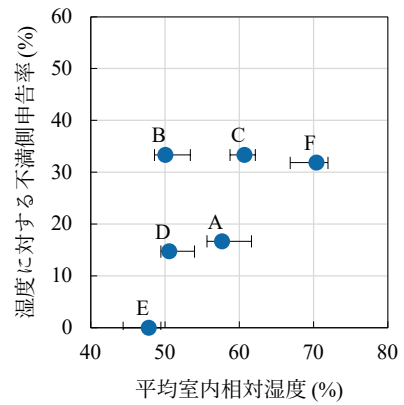


(b) 温度に対する不満側申告率

図 2-2-19 平均室内空気温度と暑熱側申告率・温度に対する不満側申告率

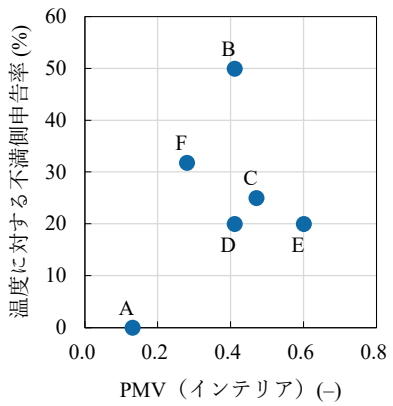


(a) 湿潤側申告率

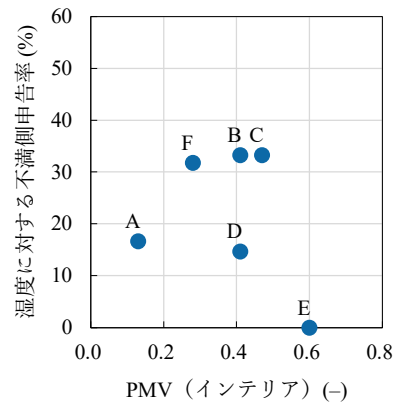


(b) 湿度に対する不満側申告率

図 2-2-20 平均室内相対湿度と湿潤側申告率・湿度に対する不満側申告率



(a) 温度に対する不満側申告率



(b) 湿度に対する不満側申告率

図 2-2-21 PMV と温度・湿度に対する不満側申告率

表 2-3-1 光環境に関する主観評価質問項目（冬期詳細測定と同じ）

Q4 現在の光環境についてお伺いします。

Q4-1 現在居るスペースの明るさ感をどのように感じますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に暗い
2. 暗い
3. やや暗い
4. 暗くも明るくもない
5. やや明るい
6. 明るい
7. 非常に明るい

Q4-2 現在居るスペースの光環境に違和感がありますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に違和感がある
2. 違和感がある
3. やや違和感がある
4. あまり違和感はない
5. 違和感はない

上記質問（Q4-2）で「1. 非常に違和感がある」、「2. 違和感がある」、「3. やや違和感がある」を選択した方に質問します。

Q4-2-1 違和感の原因を全て選んでください。（該当するもの全てに○）

1. 窓からの光の入り具合
2. 天井の照明器具の配置
3. 天井照明の色
4. タスクライティング（デスクのライトスタンド）の位置
5. タスクライティングの色
6. その他（ ）

Q4-3 デスクで行う作業でパソコンに向かう時間は1日の執務時間の何%を占めますか。（該当するもの1つに○）

1. 20%未満
2. 20～39%
3. 40～59%
4. 60～79%
5. 80%以上

Q4-4 パソコン画面のまぶしさを教えてください。（該当するもの1つに○）

1. 非常にまぶしい
2. まぶしい
3. ややまぶしい
4. まぶしくない

上記質問（Q4-4）で「1. 非常にまぶしい」、「2. まぶしい」、「3. ややまぶしい」を選択した方に質問します。

Q4-4-1 まぶしさの原因を全て選んでください。（該当するもの全てに○）

1. モニター自体
2. 窓からの光の映り込み
3. 天井照明の映り込み
4. タスクライティング（デスクのライトスタンド）の映り込み
5. その他（ ）

Q4-5 現在居るスペースの光環境に満足していますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に不満
2. 不満
3. やや不満
4. どちらでもない
5. やや満足
6. 満足
7. 非常に満足

上記質問（Q4-5）で「1. 非常に不満」、「2. 不満」、「3. やや不満」を選択した方に質問します。

Q4-5-1 現在居るスペースの光環境をどうしたいですか。（該当するもの1つに○）

1. 今より暗くしたい
2. 今よりやや暗くしたい
3. そのままでよい
4. 今よりやや明るくしたい
5. 今より明るくしたい

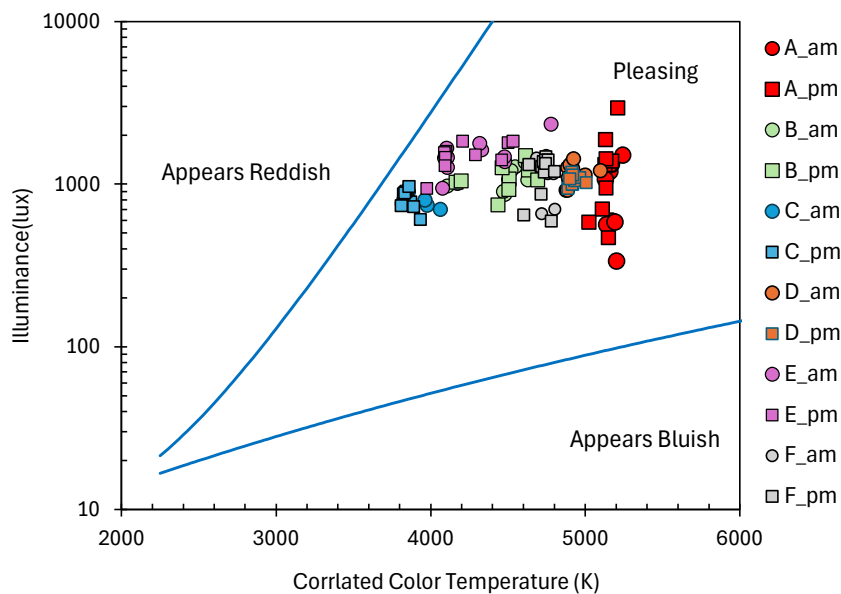


図 2-3-1 クルイトフ曲線上にプロットした 6 オフィス空間の相関色温度と照度の関係（夏期詳細測定）

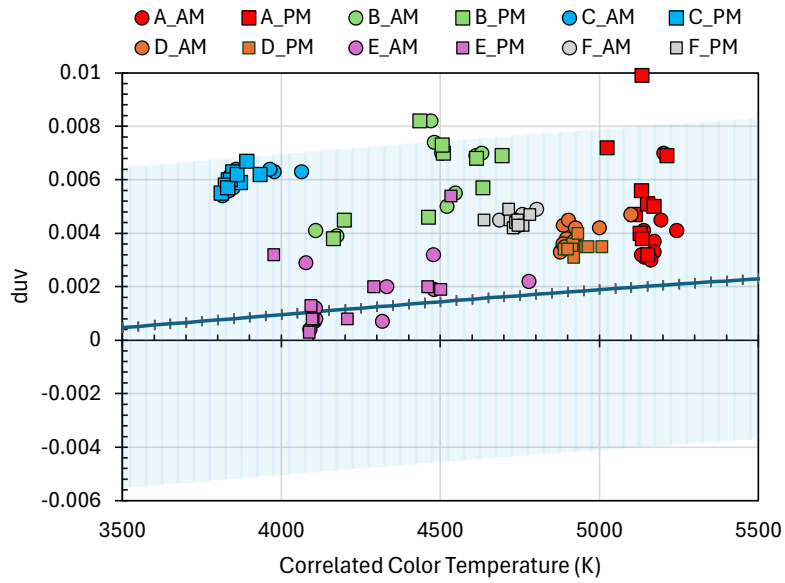


図 2-3-2 測定した 6 件の執務室における色度偏差の状態 (夏期詳細測定時)

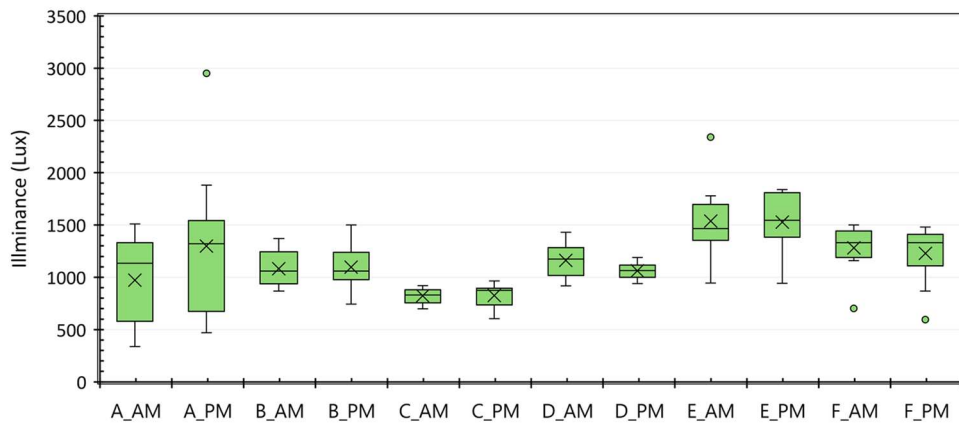


図 2-3-3 測定した 6 件の執務室における午前・午後の照度範囲 (夏期詳細測定時)

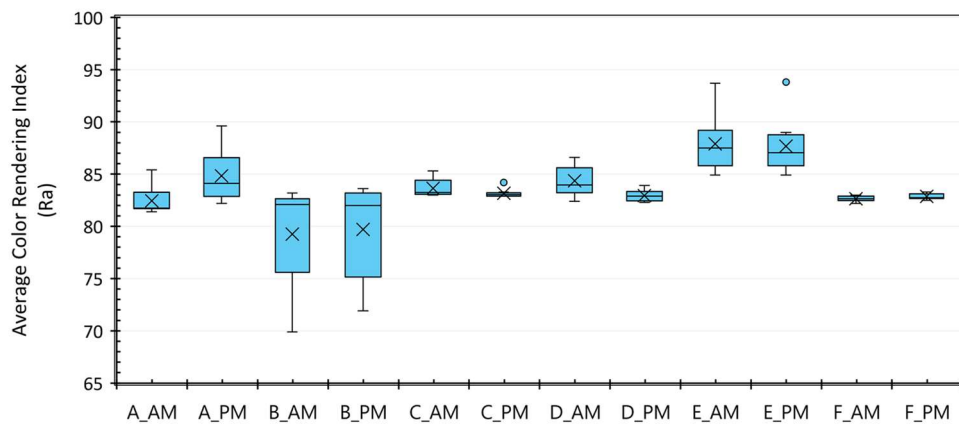


図 2-3-4 測定した 6 件の執務室における午前・午後の平均演色評価数のばらつき (夏期詳細測定時)

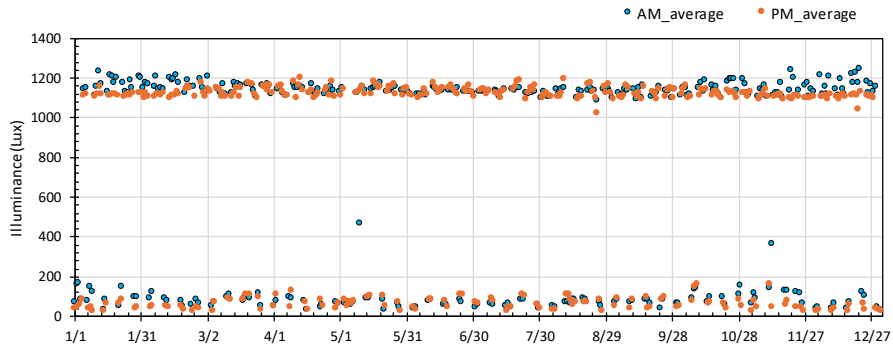


図 2-3-5 A の照度長期測定結果（午前平均，午後平均）

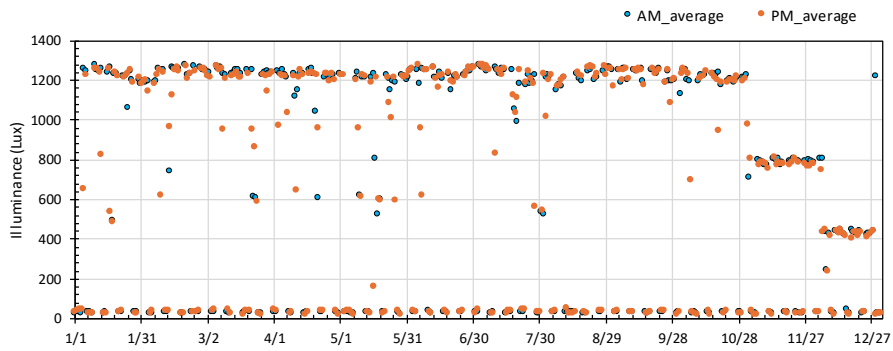


図 2-3-6 B の照度長期測定結果（午前平均，午後平均）

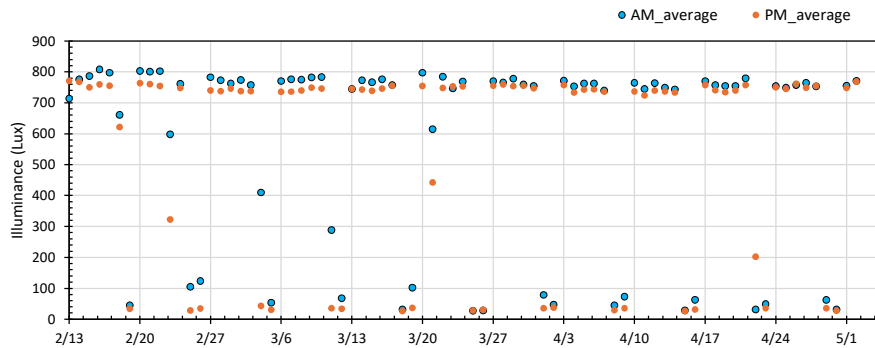


図 2-3-7 C の照度長期測定結果（午前平均，午後平均）欠測期間あり

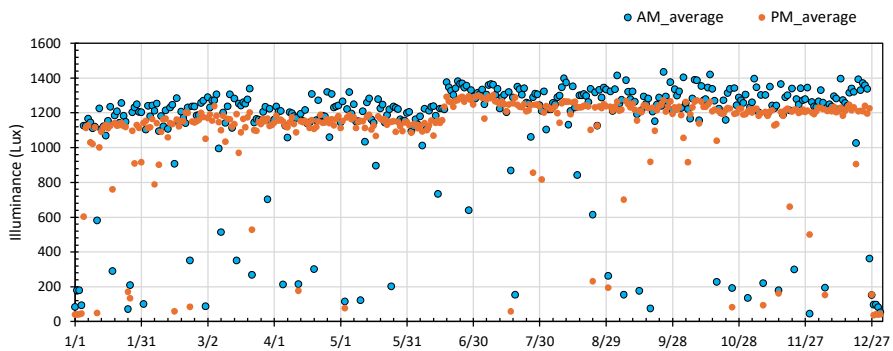


図 2-3-8 D の照度長期測定結果（午前平均，午後平均）

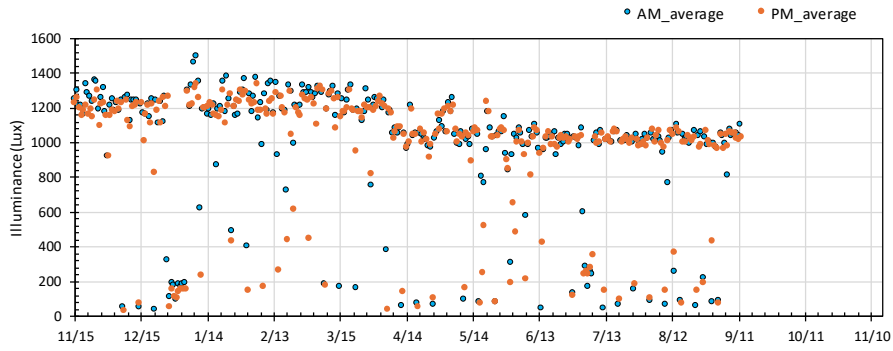


図 2-3-9 E の照度長期測定結果 (午前平均, 午後平均)

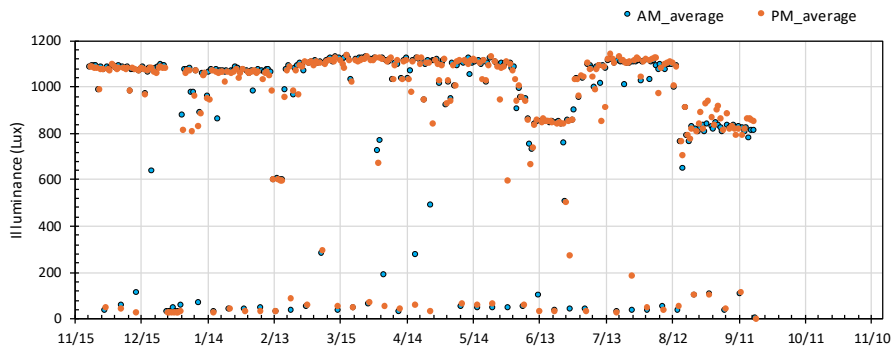


図 2-3-10 F の照度長期測定結果 (午前平均, 午後平均)

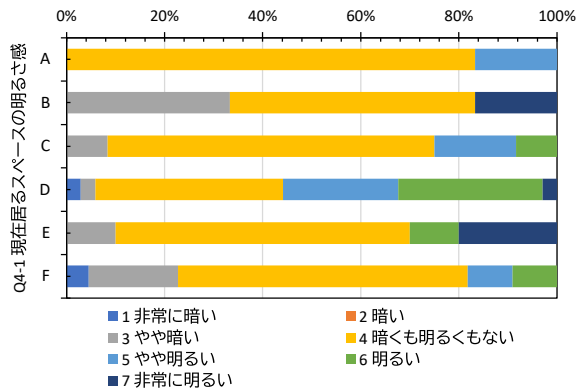


図 2-3-11 Q4-1 明るさ感

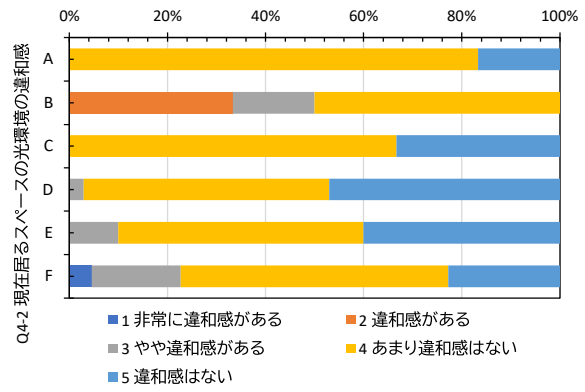


図 2-3-12 Q4-2 光環境の違和感

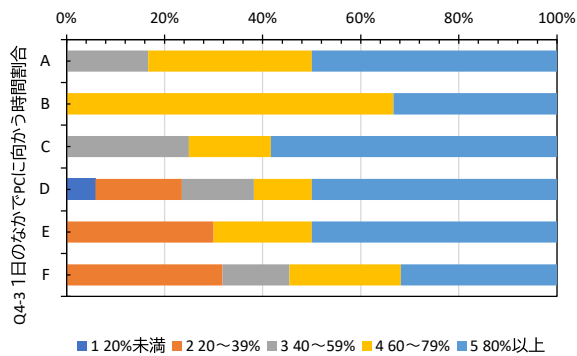


図 2-3-13 Q4-3 PC 作業の時間割合

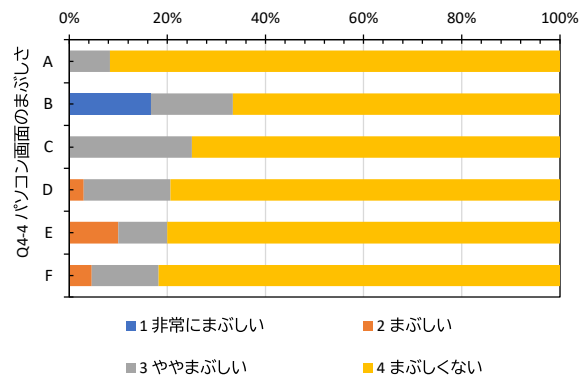


図 2-3-14 Q4-4 PC 画面のまぶしさ

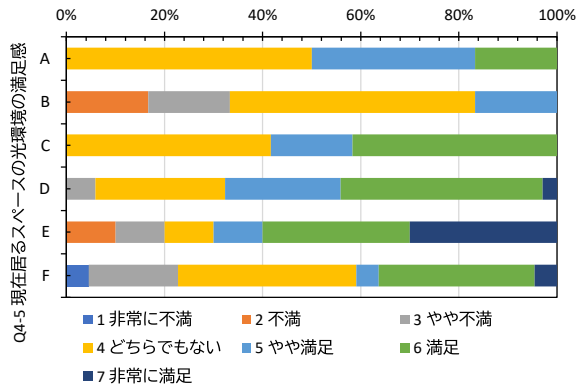


図 2-3-15 Q4-5 光環境の満足感

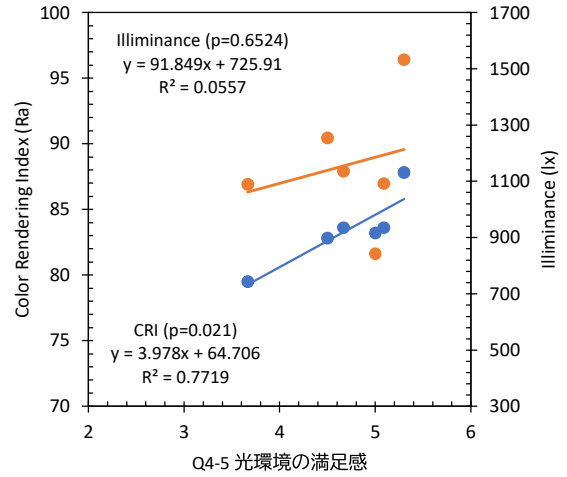


図 2-3-16 CRI, 照度と光環境の満足感との関係

表 2-3-2 今居るスペースの明るさ感と光環境の満足感に関するクロス集計結果

		Q4-1 今居るスペースの明るさ感							
		非常に不満	不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	満足	非常に満足	
Q4-5 光環境の 満足感	非常に不満	**	1	0	0	0	0	0	0
	不満	0	0	0	1	0	0	0	**
	やや不満	0	0	**	3	2	2	1	0
	どちらでもない	0	0	0	4	**	24	3	1
	やや満足	0	0	0	0	6	*	6	**
	満足	1	0	0	1	17	3	8	1
	非常に満足	0	0	0	0	4	0	*	1

χ^2 検定(独立性の検定) $p < 0.001$
 残差解析 $p < 0.05$ *, $p < 0.01$ **

