

タスク空調システム 心理量 温熱環境
制御入力値 決定木分析 検証的因子分析

1. はじめに

近年、AI・IoT 技術の発展により快適性、省エネルギー性を両立し得る空調システムとして様々な制御入力値(物理量、生理量、心理量など)を活用したタスク空調システムの手法に期待が高まっている。その中でも本研究で対象とする心理量は、アンビエント空調が提供する温熱環境の均斉度に加えて、執務者各人の着衣の嗜好や代謝量の相違による至適温度の齟齬、さらにタスク域における温熱環境の選択幅などが複雑に絡み合うことにより個々人で様々な形成されると思われる。このような要因が複雑多岐である心理量を制御入力値とするタスク空調システムの決定的な制御手法は確立されていない。

本報では今後更なる普及が見込まれる心理量を制御入力値としたタスク空調システムの 2 例(事例 1：複数人対象、事例 2：個人対象)に関する統計的分析結果について報告する。

2. 分析対象

2.1 複数人の心理量により制御するタスク空調システム

本分析は東京都中央区の事務所ビルにおいて 2021 年~2022 年のそれぞれ夏期数週間で 432 名の執務者を対象に行われた(表 1)。本分析対象で導入している温冷感を制御入力値とする空調システム(図 1)は、室内における執務者個々の「暑い」「寒い」といった温冷感を申告用デバイスによりタスク空調の制御入力値へと反映させるものである。このようなタスク空調システムはこれまでも検証事例^{1),2)}が見られるが実在オフィスにおける大規模な検証事例は殆ど見受けられない。なお、空調機の稼働や物理環境のデータは中央監視装置(BAS)より取得している。

2.2 個人の心理量により制御するタスク空調システム

本分析は香川県高松市の事務所ビルにおいて 2019 年~2021 年のそれぞれ夏期数週間で、パーソナル空調利用者のみ(計 19 名)を対象に行った(表 2)。本分析対象のタスク空調システム(図 2)はパーソナル空調の操作(心理量)内容がクラウドで管理され、アンビエント空調の制御にも活用されている。また、分析対象のパーソナル空調は送風および加熱モードを持ち、それぞれ 5 段階のレベルを自由に手動で操作が可能である。なお、本分析ではアンビエント空調の運転状況は対象外としている。

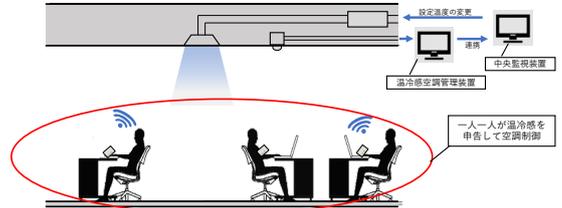


図 1 タスク空調システム(複数人対象)
表 1 分析対象の概要

調査期間	2021年~2022年の夏期数週間	男性	女性	合計		
調査建物	所在地	東京都 中央区	20代	26	20	46
	竣工	2019年12月	30代	59	25	54
	建物用途	事務所	40代	46	18	64
	階数	地上9階, PH1階, 地下なし	50代	105	18	123
			60代	103	4	109
	空調方式	冷却HPパッケージビル用マルチ方式	70代	6	0	6
合計		347	85	432		

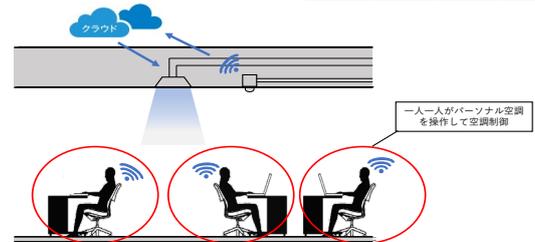


図 2 タスク空調システム(個人対象)
表 2 分析対象の概要

調査期間	2019年~2021年の夏期数週間	男性	女性	合計		
調査建物	所在地	香川県 高松市	20代	1	1	2
	竣工	2019年3月	30代	4	1	5
	建物用途	事務所	40代	2	3	5
	階数	地上3階	50代	7	0	7
			60代	0	0	0
	空調方式	空気熱源式パッケージ型空調システム(注)	70代	0	0	0
合計		14	5	19		

3. 決定木分析による申告および操作の傾向把握

本研究では統計学的手法の一つである決定木分析を用いることで、申告に係る影響因子の探索を行った。決定木分析とは、目的変数に対する説明変数を何らかの基準をもとに分岐させ、判別・予測の樹木状モデルを構築する手法であり、閾値まで探索することが可能である。

3.1 申告デバイスの使用要因

申告デバイスによる非受容申告(暑い・寒い)の発生要因について決定木分析を行った(図 3)。暑がり体質の人は時間、温度にあまり影響されず暑い申告をしている割合が多いことが示唆される。寒がり、普通体質の執務者でも外気温が高く、昼休憩後の 13 時以降で暑い申告の割合が多いことが確認できる。室温 26℃以下の環境下では寒

がり、普通体質の人の寒い申告が比較的多く見られるが、出勤時間帯の9時前では暑い申告も一定数存在することがわかる。

3.2 空調操作の操作要因

着席時における空調操作の要因について決定木分析を行った(図 4)。着席時の操作内容については体質によって使用レベルが異なり、個人の嗜好に合わせた使い方がされている。暑がり、汗かき体質の執務者では27.4℃以上でレベル5の送風モードを使用する割合が多いとわかる。

4. 検証的因子分析による温熱感度に関する評価

前述の決定木分析より体質が制御入力値となる心理量に影響を与えていることが示唆された。しかし体質にも個々人の感度により感じ方が異なるという考えから、「温熱感度」に関する評価を検証的因子分析により行った。検証的因子分析(図 5)とは実験や観測によって得られた「観測変数」の背後に存在する、ある程度確実性のある「共通因子」の影響度合いを検証する因子分析のことであり、観測変数 u_1 に対しては式(1)に表される。なお分析は複数人の制御事例(2.1)で実施したアンケート結果(計726件)を対象とした。

$$u_1 = a_{11}f_1 + a_{12}f_2 \dots a_{1n}f_n + e_1 \quad \dots (1)$$

4.1 温熱感度と体質の対応関係

検証的因子分析により抽出した各回答項目の因子荷重量(温熱感度の度合い)を示す(図6)。抽出結果から「湿度が高すぎる」や「不快」、「不満」などで因子荷重量が大きいことが窺える。この分析結果から各アンケート回答項目の因子荷重量を執務者が回答した結果と対応させ、平均値化した値を各執務者の温熱感度と捉えた。温熱感度と体質の関係を図7に示す。本研究でこれまで扱ってきた体質は温熱感度が1.0のみの状態(暑がりなら暑い人、寒がりなら寒い人など)を評価対象として捉えてきたが、実際は暑がり、寒がりでも温熱感度により個々人で捉え方が異なることがわかる。全体的に温熱感度がやや低い傾向にあり、体質申告の曖昧さも窺える。しかし、温熱感度が比較的高い0.6付近に暑がりの人数が多いことが確認できる。この理由には発汗による不快感が温熱感度へ大きく影響していると推測している。この推測は湿度に関する因子荷重量が最大値(0.75)を取っていることから理由付けられる。

4. まとめ

本報では心理量を制御入力値とするタスク空調システムに関しての統計的分析結果を報告した。以下に本研究で得た知見・考察を述べる。

- 1) 決定木分析では申告や操作傾向に対する影響因子として、暑がり・寒がりなどの体質による影響が最上位の因子として挙げられた。
- 2) 検証的因子分析では温熱的な感度における体質の捉え方の違いや、湿度に対する因子荷重量が最大値(0.75)を取っていることから発汗による暑がり体質の感度が高いことが推測された。

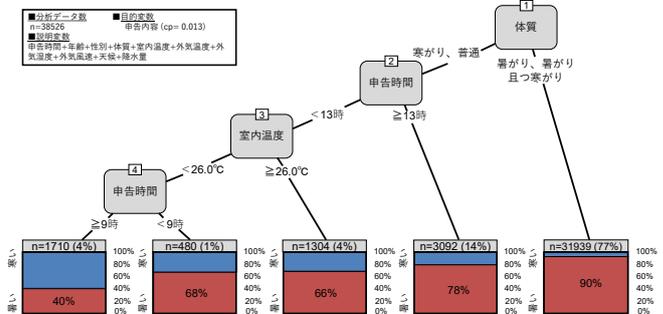


図3 非受容申告に対する決定木分析結果

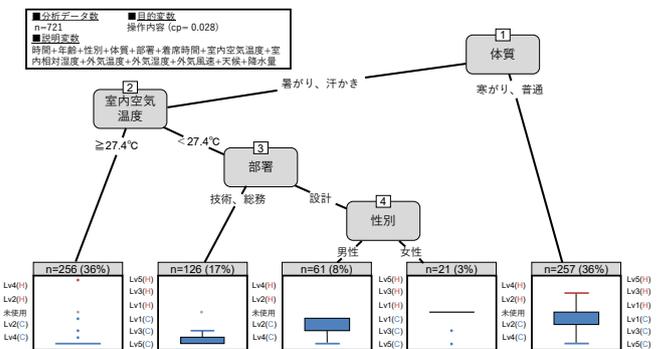


図4 空調操作に対する決定木分析結果

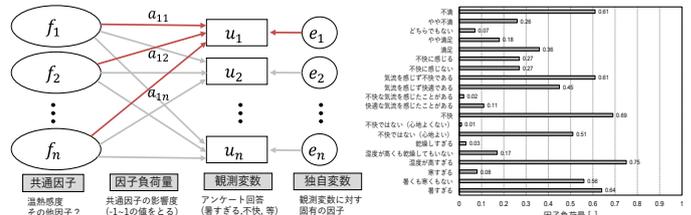


図5 検証的因子分析の概要

図6 抽出した因子荷重量

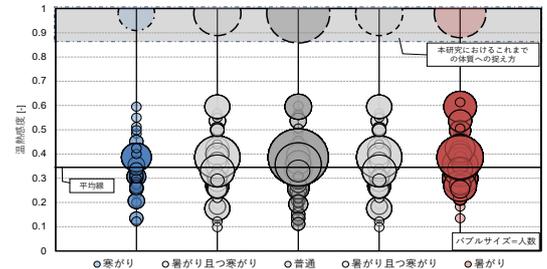


図7 温熱感度と体質の関係

【参考文献】

- 1) 立岩ら：次世代空調システム実現に向けた「8つのトライ」ークラウドを利用した温冷感申告型空調システムの検討ー、空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 2016.9
- 2) 伊香賀ら：人を中心とした空調制御の研究 実オフィスにおける温冷感申告型空調の導入効果検証, azbil Technical Review 2021年

*1 (株) 山下設計 (当時:工学院大学)

*2 ダイダン (株) /工学院大学

*3 工学院大学建築学部建築学科・教授・工博

*1 Yamashita Sekkei Inc., (Former: Kogakuin Univ.)

*2 Dai-dan co., Ltd. / Kogakuin Univ.

*3 Prof., Dept. of Architecture, Kogakuin Univ., Dr.Eng.