

脱炭素を目指したイノベーション施設

第8報 5C ビジュアライザーの開発

竹内 壺 成*¹
五十嵐 瞳*¹
平須賀 信 洋*³

坂本 裕*¹
富樫 英 介*²

はじめに

本プロジェクトのコンセプトの一つである「ABW+e」は、執務エリア内に環境グラデーションを形成し、場所だけでなく多様な環境から働く場所を選択することで知的生産性を高める働き方を目指している。

環境因子によるタスク処理能力に関する研究はこれまで盛んに行われており、集中力を発揮しやすい温熱環境やコミュニケーションを促進させやすい光環境等が複数報告されている。そのため、執務者自身が豊富な環境から業務内容に応じた好適環境を選択出来ることが理想である。しかしながら、個人ブース、共同スペース、あるいは屋外等の有形的な場所としての選択が容易な ABW とは異なり、“+e”の環境因子の多くは“目に見えない”ため、業務スペースの中から、執務内容に適した環境をビジュアル的に選択することは困難であった。

そこで、「ABW+e」の活動を促進するため 5C ビジュアライザーを開発した。5C ビジュアライザーとは温度・湿度など単一物理量を相対的にコンター表示だけでなく、Comfort（快適）、Concentration（集中）、Communication（交流）、Creation（創造）、Clean（清浄）の5つの生産活動に対する好適環境を総合評価し、優劣を相対的にビジュアル化し開示するシステムである。

1. システム概要

1.1 ハードウェア構成要素

- 無線式多機能センサー

温度、湿度、照度、CO₂、気圧、UV インデックス、TVOC、PM2.5 の各環境因子を計測可能であり、取得したデータを無線通信する機能を持つ。このセンサーを2階と3階のワークプレイス内に約 60 個分散設置し、計測値を取

得している。

- 赤外線アレイセンサー

表面温度差異から人を検知することができるため、ワークプレイスを約 90 エリアに分割し、各エリアの在席人数を取得する。

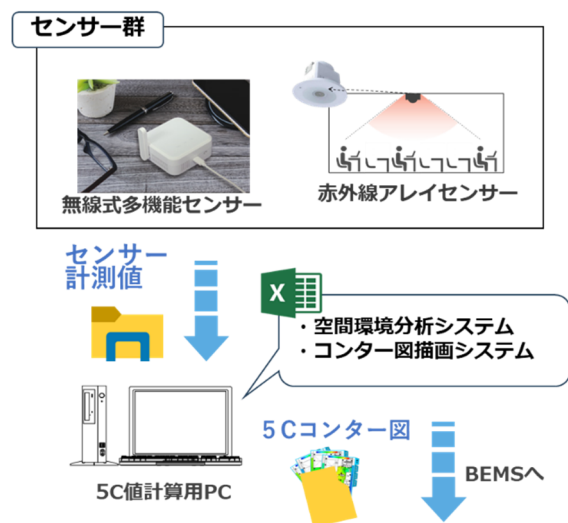
- 5C 値計算用 PC

LAN ネットワーク経由で上記センサー群の計測値を集積し、各種演算をした上で、コンター図を作図する

1.2 空間環境分析システム

5C の評価値の計算には、汎用表計算ソフト Excel を活用している。Excel でプログラム化することで、今後のチューンアップや計算引数の変更などを容易に行うことができる。

5C 値のそれぞれに対して環境因子の影響度が異なるため、各因子の最適値からの乖離度と重み係数を設定しセンサー値毎の 5C 評価値を算出する。



*¹ 三菱冷熱工業株式会社

*² 工学院大学 建築学部 建築学科 教授 博士（工学）

*³ 三菱地所設計

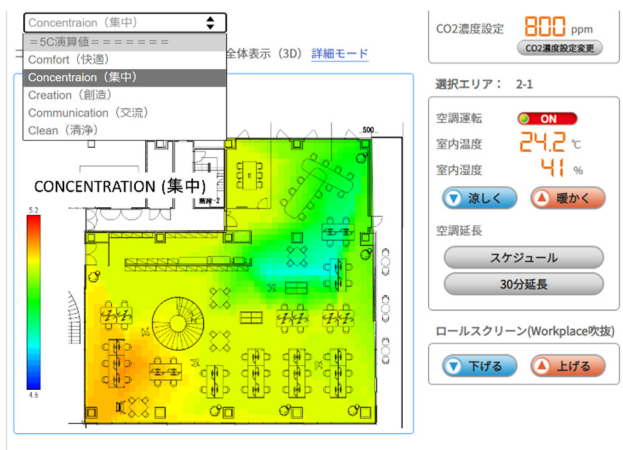


図-2 BEMS 画面に表示されるコンター図

これら各センサー値と演算した 5C 値からコンター図を作図する。このコンター図作成ソフトは、センサー間の値を補間するだけでなくセンサー群の外側まで補間計算でき、ワークプレイス全域に亘ってシームレスにコンター図でビジュアル化する。

これらコンター図は、図-2 のようにプルダウンで環境因子と 5C 値をコンター表示でき、各自の PC から WEB 経由の BEMS ツール上で閲覧できる。また、ワークプレイス中央に設置した大画面モニタに常時表示させることでディスカッション場所選択や始業時の場所選択に活用している。

1.3 5C 値算出方法

建築分野だけでなく組織心理学や芸術分野にも、環境因子と 5C 値の関連性に言及した研究報告がある。これら国内外約 80 の文献を参考に、多角的な視点から計算指数のプロトタイプ値を決定した。

以下に計算ロジックの概要を示す。

・ Concentration (集中)

室内温度と知的生産性の関係に注目した実験報告²⁾や、外気導入量と作業効率の関係に注目した実験報告³⁾からやや低い温度で CO₂ 濃度が低く、周囲の人密度が低いなど。

・ Comfort (快適)

空気調和・衛生工学便覧第 14 版で示されている温熱環境快適域に加えて、低い PM2.5 値や落ち着いた照度など。

・ Communication (交流)

人員間の距離とコミュニケーションの活発性に関する報告や明るい環境でのコミュニケーション活性化⁴⁾、暖かい環境でのコミュニケーション増加など。

・ Creation (創造)

デザイン的な創造性と明環境の関係⁵⁾や自然環境での

創造性向上に関する文献⁶⁾、温暖環境での複雑なタスク処理能力が向上する報告など。

・ Clean (清浄)

CO₂ 濃度と人密度を主として算出される感染確率指標⁷⁾や PM2.5 基準値など。

これらの報告や環境因子を軸にして初期の算出式モデルを設定した。

2. 将来展望

2.1 CFD 解析結果との連携

現状の環境ごとの好適値や重み係数は既往研究の結果を分析したプロトタイプ版となっている。前報の通り対流空調と放射空調を組み合わせる環境グラデーションを形成しているため、放射温度や気流速度なども 5C に影響を及ぼす因子のひとつと想定される。今後は、CFD で演算した放射温度や気流速度を抽出し、5C 値算出に活用する予定である。

2.2 小型 PMV 計⁸⁾との連携

図-3 に示す小型 PMV 計を多機能センサーと併設することで室内の PMV 分布をビジュアル化する。小型 PMV 計は空気温度相対湿度、放射温度、気流速度を高精度に計測可能で、40 mm×60 mm×100 mm と非常にコンパクトであるため、執務スペース内に常設置し計測することが容易である。この実測 PMV コンター図と CFD

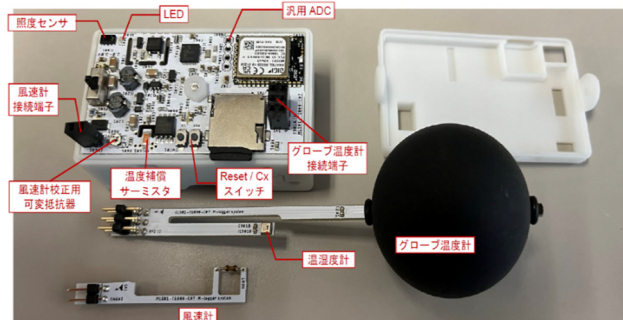


図-3 小型 PMV 計⁸⁾の外観

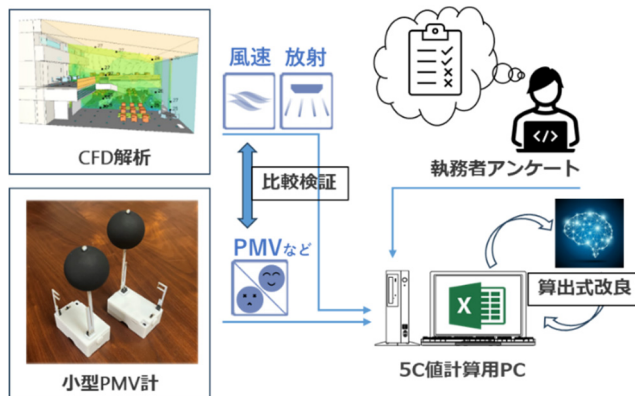


図-4 将来展望の模式図

予測コンター図との比較による予測精度の検証や CFD の精度向上などへの活用を予定している。

2.3 執務者アンケートによる算出式の改良

執務者アンケートやバイタル指標によって 5C 算出式を改良する。リアルタイムでの評価値を執務者から取得し、データサーバに蓄積しながら機械学習させることで、本イノベーション施設に即した 5C 算出式を策定する。

おわりに

ABW+e のさらなる活用促進を目指して 5C ビジュアルライザーを開発した。今後は小型 PMV 計や、利用者アンケートなどを参考に、ツールの活用度やツールとしての有効性・有用性を検証する予定である

参 考 文 献

- 1) 小林 他. (2005). コールセンターの室内環境が知的生産性に与える影響. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) Pawel Wargocki, et al. (2000). Pollution source control and ventilation improve health, comfort and productivity. Cold Climate HVAC 2000.
- 3) Chen Bo-Zhong et al. (2010). Good lamps are the best police: darkness increases dishonesty and self-interested behavior. Cornell university ILR school.
- 4) 由田 他. (2022). デザインの創造性向上にむけた完成要求の獲得方法. 日本創造学会論文誌 第 25 巻 pp131-152.
- 5) Cary Cooper et al. (2015) The global impact of biophilic design in the workplace.
- 6) 倉渕 新型コロナ対策として換気量はどうやって決めるべきか? (2021). 空気調和・衛生工学会学会誌. 第 95 巻 第 6 号 pp3-9
- 7) 富樫 (2022). 室内温熱環境の廉価な無線計測記録装置の開発. 日本建築学会技術報告集 第 28 巻 第 68 号 pp267-272.
- 8) M-Logger システム解説書 2024 年 1 月 18 日版
<https://www.mlogger.jp/document.pdf> 閲覧日:2024年4月1日