

ペリメータとインテリアにおける空調制御に関する研究

～温熱環境形成寄与率及び給気寄与率による熱伝達・給気メカニズムの解明～

2004541003 伊東 由衣

白石研究室

共調制御, 給気寄与率, 温熱環境形成寄与率, CFD

1. はじめに

近年、過度の空調使用による冷暖房のエネルギー消費の増大が CO₂ 排出量増加の要因となっている。事務所ビルでは一般的に日射や外気温度など、窓からの外部負荷に影響されるペリメータゾーン(以下 PZ)と室内の照明や OA 機器、人間からの発熱等による内部負荷に影響されるインテリアゾーン (以下 IZ)の二つの空調ゾーンに分けられる。これらは、各空調ゾーンによる熱負荷特性の違いによりそれぞれの空調ゾーンで別々の空調方式を採用し制御している。しかし、このように PZ と IZ でのゾーン別による共調制御では各ゾーンで互いに干渉しあうため、室内での空気の混合が生じ、冷暖房エネルギー消費の増大を引き起こす等の問題がある。現在、このような共調制御による各ゾーンへの熱供給やゾーン間の空気の混合損失などまだ不明な点も多く、また、同システムの空調不具合診断に関しても研究・開発が期待されている。本研究では、PZ と IZ の空調制御が行われている空間を対象として CFD 解析を行い、給気寄与率、温熱環境形成寄与率の体積平均値(L-CRI_(c))の指標を使用することで共調制御時における熱伝達・給気メカニズムを評価する。さらに、評価結果を分析し、これらの指標を用いた新たな空調不具合診断手法に関する検討を行う。

2. 各指標の概要

2-1. 給気寄与率

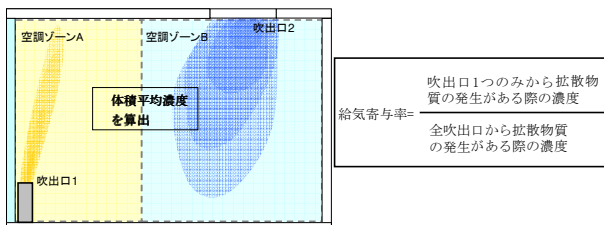


図1 給気寄与率の概念図

複数の吹き出しから供給される空気が各空調ゾーンにどれだけ到達しているかを示す指標として、給気寄

与率を用いる。

$$\text{給気寄与率} = \frac{C_i(A)}{C_{all}(A)}$$

(記号) $C_i(A)$: 着目する吹出口のみから拡散物質の発生がある際の対象空調ゾーンにおける体積平均濃度 [kg/m³], $C_{all}(A)$: 全吹出口から拡散物質の発生がある際の対象空調ゾーンにおける体積平均濃度 [kg/m³]

本研究では、吹出口1つのみから拡散物質の発生がある際の各空調ゾーンにおける体積平均濃度を全吹出口から拡散がある際の各空調ゾーンにおける体積平均濃度で無次元化し給気寄与率を求めている。

2-2. 温熱環境形成寄与率の体積平均値(L-CRI_(c))

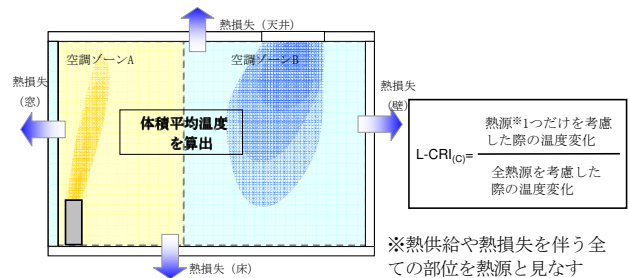


図2 温熱環境形成寄与率(L-CRI_(c))の概念図

$$L-CRI_{(c)}(A) = \frac{d\theta(A)}{d\Theta(A)}$$

(記号) $d\theta(A)$: 着目する部位もしくは熱源のみから熱供給がある際の空調ゾーンにおける体積平均温度の変化 [°C], $d\Theta$: 全部位及び熱源から熱供給がある際の空調ゾーンにおける体積平均温度の変化 [°C]

温熱環境形成寄与率(CRI_(c))は、各部位が室内の任意の点の温度変化にどの程度寄与するかを示すものであり、これを代表量で無次元化したものである。本研究では、定松ら^{文1)}の提案する温熱環境形成寄与率の体積平均値(L-CRI_(c))を用いる。この L-CRI_(c)は CRI_(c)を”点に対する寄与”から、”空調ゾーンに対する寄与”へと再定義したものである。図2のように空調ゾーンに対応する空間を設定し、各部位から個別に熱供給される場合の空調ゾーンの体積平均温度を算出し、その体積平均温度の変化を全部位から熱供給される場合の

空調ゾーンの体積平均温度で無次元化することで寄与率を求める。

3. 解析概要

3-1. 解析対象

図3に解析対象を示す。北九州市立大学の特殊実験棟にある空調性能試験装置を対象とした。試験室は6面の環境調整空間（以下GR）で囲まれており、試験室の南面は外気を想定したGR1とシングルガラス窓(5mm)で仕切られている。その他3つのGRは事務所ビルの隣室を想定している。これら6面のGRの制御により、試験室は事務所ビルの中間階と近い環境を実現している。また、南面窓から4mまでをPZとし、その内側部分をIZと想定した。解析は冬季を対象としており、PZではファンコイルユニット（FCU）で暖房、IZでは空調機（AHU）による冷房で空調制御を行い、AHUから吹き出される空調空気は窓からそれぞれ4m、7.5mに位置する吹出口から供給されている。

3-2. 解析条件及び解析ケース

解析条件を表1に示す。GR1は外気温12°Cで他のGRは隣室を想定し、その温度は試験室の室温を設定値として制御している。上階のGRは試験室内二重床空間、下階のGRは試験室の天井裏空間を模擬している。解析ケースは6つのAHUの風量を等風量としたものをcase1(通常時)、AHU2の風量を他5つの風量の2倍としたものをcase2(不具合時①)、AHU5の風量を他5つの風量の2倍としたものをcase3(不具合時②)とする。全てのケースにおいて6つのAHUの全風量は1100[m³/h]で同じとした。

3-3. CFD解析におけるAHU吹き出し形状

試験室のIZでのAHUの吹き出し形状はアネモ型である。アネモ型は拡散性の高い吹き出し形状であり、事務所ビルなどではよく使用されている。今回の解析においては、アネモの吹き出しを図4のように9等分にし、8方向へ吹き出す簡易的な吹き出し形状で解析を行っている。

4. 解析結果

4-1. 実測結果との比較

実験と解析による試験室内の鉛直温度分布を図5、図6に示す。e点はPZ側、g点はIZ側に位置する。試験室内は全域でほぼ均一な温度分布を呈している。局所的に、AHUからの冷房吹き出しの影響や天井からの照明の影響で実験結果と解析結果で差が見られたが、概

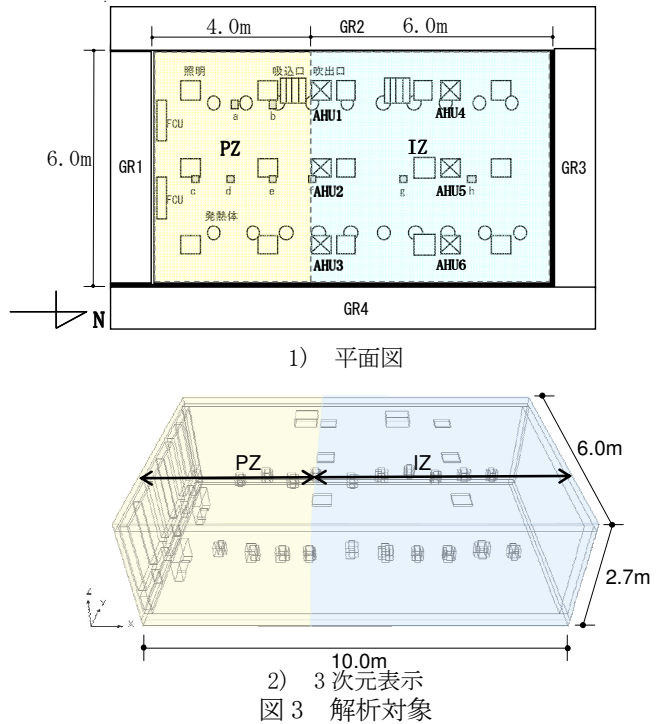


図3 解析対象

表1 解析条件

解析領域	10.0m×6.0m×2.7m	
流入条件	AHU 全風量 1100 m ³ /h FCU1 風量 258.37 m ³ /h FCU2 風量 278.23 m ³ /h $k_{in}=3/2(U_{in} \times 0.1)^2$ $\epsilon_{in}=C_{\mu} k_{in}^{3/2}/l_{in}$	
外気温度 (GR1)	12°C	
隣室温度 (GR2~GR6)	GR2 24.16°C GR4 24.16°C GR6 22.20°C	GR3 24.17°C GR5 22.34°C
発熱	照明 128W×15本=1920W 発熱体 100W×20個=2000W	

(k_{in} : 乱流エネルギー[m²/s²], U_{in} : 吹き出し風速[m/s], ϵ_{in} : k_{in} の散逸率[m²/s³], C_{μ} : モデル定数(=0.09))

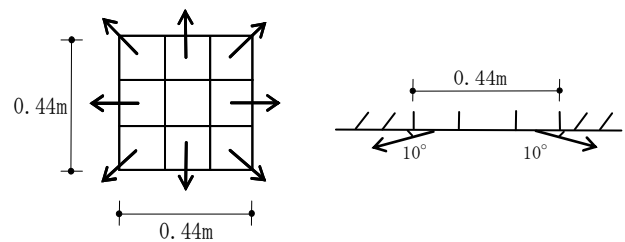


図4 AHU吹き出し形状

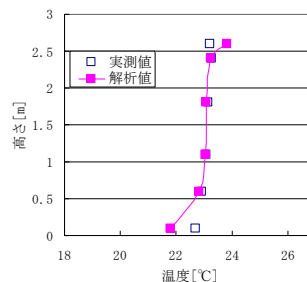


図5 e点鉛直温度

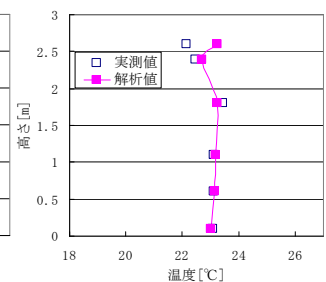


図6 g点鉛直温度

ね実験と解析の鉛直温度分布は一致した。

4-2. 冬季におけるケーススタディ

4-2-1. 鉛直温度(図省略)

case2 ではAHU2 の風量が大きくなったため、b 点の鉛直温度に影響が見られた。case1~case3 において、AHU の吹出し口近傍では鉛直温度分布に多少の差は見られたが AHU の吹出しが拡散的であることから、ケース毎での鉛直温度分布に大きな差は見られなかった。

4-2-2. 流れ場及び温度場(図省略)

図 7~図 9 に各ケースの流れ場を示す。case2 では AHU2 の風量が大きいため、等風量の case1 に比べると AHU2 からの吹出し影響が PZ にも及んでおり、FCU の影響が小さい。case3 では、AHU5 の風量が大きいため、AHU5 からの吹出しの影響が IZ のほぼ全域に及ぶ。温度場では case2、case3 で風量の大きい吹出し口直下の発熱体からの熱上昇流が減衰するが、吹出し口近傍以外はケース毎に大きな差は見られなかった。

4-2-3. 熱収支

図 10、図 11 に各部位の熱伝達量を示す(面からの流出を負、流入を正とする)。case1~case3 の全てのケースにおいて窓からの貫流による損失が大きく、1200[W]を超える(図省略)。case1、case2 では全部位において熱伝達量はほとんど差がなかった。窓以外の部位においてはどのケースでも天井と IZ の床からの貫流による熱損失が他の部位に比べ大きい。単位面積あたりでも、IZ、PZ 共に天井からの熱損失が大きい。特に、FCU の影響を大きく受ける PZ では対流による受熱が大きくなっている。case3 は他ケースに比べ、AHU5 からの吹き出しが IZ の天井付近に影響を与えているため、対流に差が見られる。また、case1 は PZ で熱負荷が大きく、IZ は冷熱負荷が大きかったことより、480W 程度の熱が PZ から IZ へ移動していた。case2、case3 では AHU からの空気が PZ へ流れこんでいるため、PZ から IZ へ移動する熱は case1 に比べ小さくなっており、case2 では 450W、case3 では 400W となる。

4-2-4. 給気寄与率

図 12 に各ケースの給気寄与率を示す。case1 では、PZ は 2 つの FCU の吹出しの影響が 50%以上を占め、PZ に近い AHU1~3 からの影響が大きい。IZ では、6 つの AHU の影響が大きい。case2 では、風量の大きい AHU2 が PZ と IZ の両方で大きく寄与している。case3 では

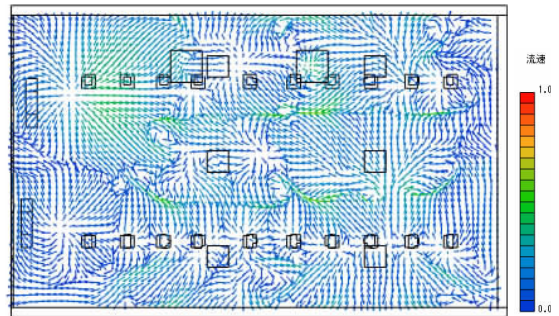


図 7 流速 Z=2.6m(case1:等風量)

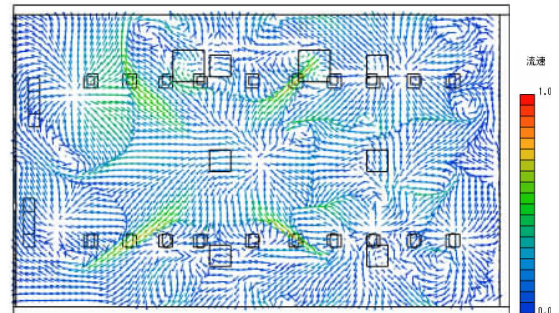


図 8 流速 Z=2.6m(case2:不具合時①)

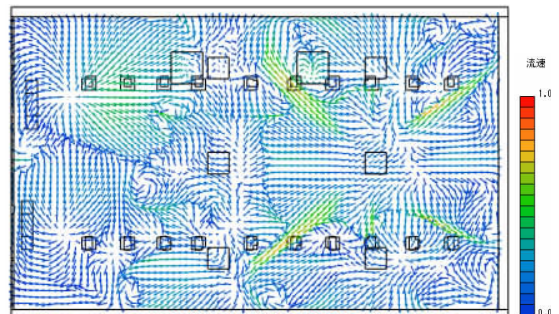


図 9 流速 Z=2.6m(case3:不具合時②)

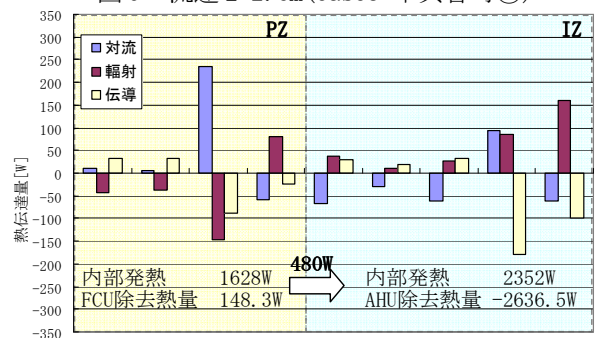


図 10 各部位の熱伝達量(case1:GR1 を除く)

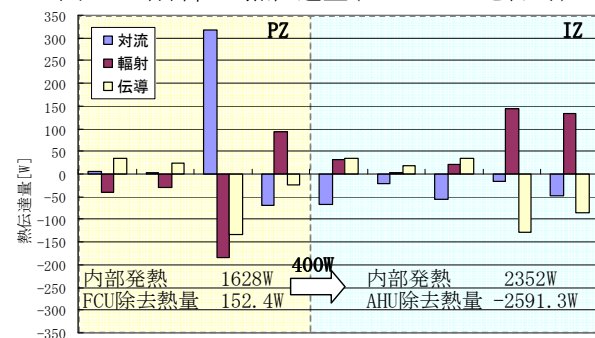


図 11 各部位の熱伝達量(case3:GR1 を除く)

