

局所気流の最適制御による次世代型空調システムの研究開発

建築都市デザイン学科 2280070065-9 藤田 理緒
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

従来の空調システムはオフィス空間が均一温度になるように稼働しており、オフィス内の偏在負荷に対応できていない。このため unnecessary 空間まで空調していることになり、エネルギーを浪費している可能性がある。

残業時など不在エリアが発生している場合は不在エリア制御^①を行うことができるが通常業務時では在席者が点在、移動する場合が多く、不在エリア制御を行うことは難しい。

また省エネ手法として、執務空間の設定温度を緩和する COOLBIZ オフィスが推奨されている。これは在席者全員の着衣量が同じで活動量が低い場合であれば良いが、実際は着衣量や活動量に個人差が生じており、状態によっては快適性が悪化し作業効率の低下や健康に悪影響を及ぼす恐れがある。

そこで本研究では個人差への対応を目的とした最適制御を行うことで、大幅な省エネと快適性を両立できる新たな空調システムの可能性を検証する。

2. 研究概要

2.1 解析対象空間 (図 1、表 1)

実際に執務が行われているオフィス空間を対象とする。

また室内の人数については、人数 61 人に対して在席率 60%とし対象エリアに 37 人が在席しているとした。

対象の範囲は幅 17.6m×17.9m×高さ 3.0mである。

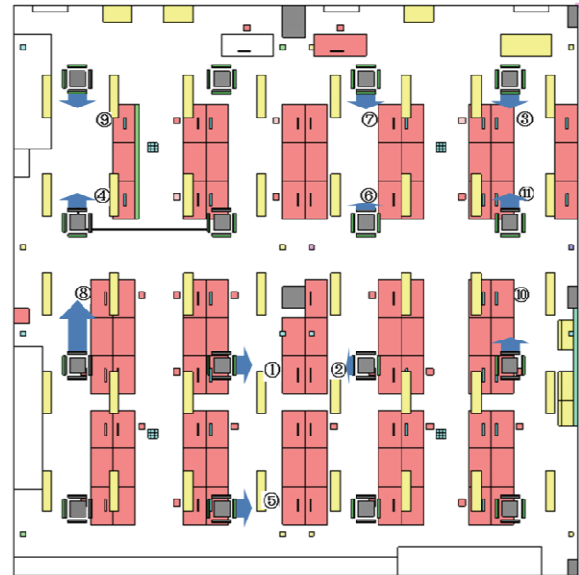
同オフィスの窓向きは南向き、時刻は夏期の 14:00 と設定し^①、7~9 月の外気温平均と直達日射量平均^②を用いて窓面負荷を設定した。隣室は解析空間と同様の制御行っていると設定し、隣室境界は断熱とした。また室内負荷は全ケース共通であり、表 1 がその内容である。

2.2 解析概要 (表 2)

風量、吹出温度、吹出口の開閉^③が個別に設定可能な 16 台の天井カセット式ビル用マルチエアコンを設置している。従来のオフィスの空調状態である 26℃均一拡散空調を行ったケースを基準とし、設定温度 30℃の緩和ケース、緩和を行った上で局所気流制御を行い、対象者の快適性を回復できる制御方法を検証する。また解析に用いた設定条件を表 2 に示す

2.3 解析ケース (表 3)

均一拡散空調ケース 2 パターン、局所気流対象者が在席者の 10%、20%、30%の 3 パターン、更に局所気流の吹出条件について省エネ型、折衷型、快適型の 3 パターンを



① …局所気流対象者 □ …天井カセット式ビルマル
 ② …局所気流 ■ …人体

図 1 解析対象空間

表 1 室内負荷

	人体	PC	モニター	プリンター	照明	日射負荷
合計 [W]	2220	4070	1665	33	1760	4.03

表 2 解析設定

メッシュ数	差分スキーム	乱流モデル	局所気流吹出条件	アンビエント域吹出条件
64, 000	QUICK	標準 k-ε モデル	2m ³ /min, 16℃	CAV 制御 ^④

表 3 解析ケース

ケース	対象者比率	対象者番号	制御方法
CASE0-1	0%		26℃均一拡散空調
CASE0-2			30℃均一拡散空調
CASE1-1	10%	(①~③)	省エネ型
CASE1-2			折衷型
CASE1-3			快適型
CASE2-1	20%	(①~⑦)	省エネ型
CASE2-2			折衷型
CASE2-3			快適型
CASE3-1	30%	(①~⑪)	省エネ型
CASE3-2			折衷型
CASE3-3			快適型

定め、計 11 ケースの解析を行った。局所気流対象者は図 1 中の①~⑪で示され、対象者 10%では①~③が、20%では①~⑦が、30%では①~⑪が該当者となる。

また吹出条件について、省エネ型は対象者全員に等温送風、折衷型は等温送風と冷風送風の対象者数が同数、快適型は対象者全員に冷風を送出する。

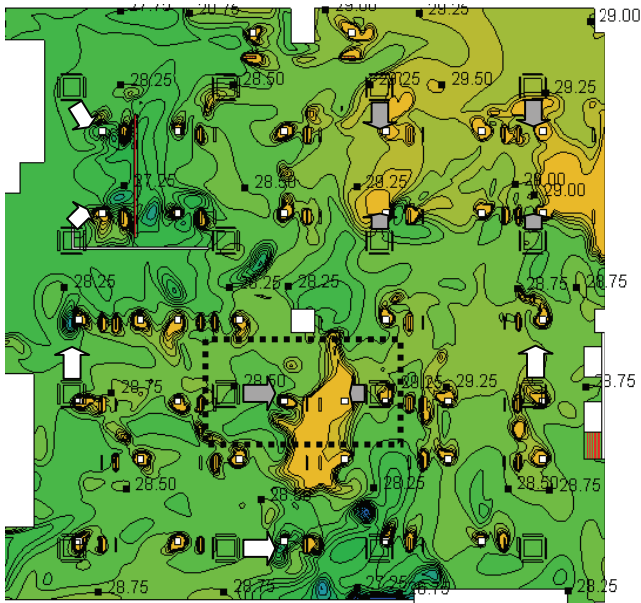


図2 人体首筋高さ温度分布 ←…冷風送出 ←…冷風送出

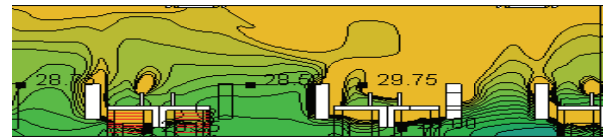


図3 対象者断面温度分 温度(°C)

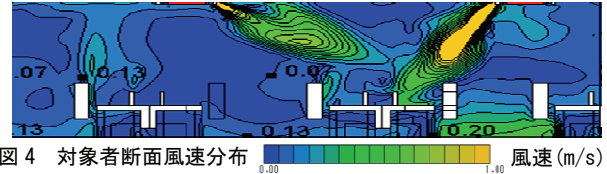
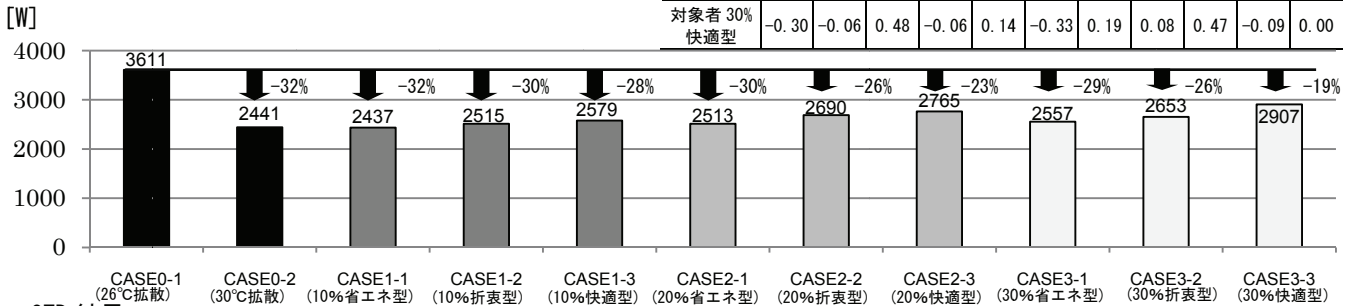


図4 対象者断面風速分布 風速(m/s)

表4 対象者 PMV

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
設定温度 26°C	-0.18	0.62	0.63	0.67	0.6	0.34	0.79	0.67	0.44	0.51	0.26
設定温度 30°C	2.15	2.16	1.9	1.81	2.3	1.63	2.19	1.85	1.83	2.15	1.55
対象者30% 省エネ型	1.13	1.21	1.68	1.01	1.25	1.15	1.77	1.68	1.35	1.40	1.32
対象者30% 折衷型	1.30	1.30	3.02	0.05	0.10	1.21	2.15	-0.11	0.20	1.17	1.37
対象者30% 快適型	-0.30	-0.06	0.48	-0.06	0.14	-0.33	0.19	0.08	0.47	-0.09	0.00



3. CFD 結果

3.1 温熱環境・風速分布 (図2、図3、図4)

対象者 30%折衷型における温熱環境、風速分布を図2、3、4に示す。図2から冷風送出の対象者に対しては局所気流が届いていることが確認できた。等温吹出送出の対象者付近の温度は上昇しているが、図3より等温吹出においても局所気流が対象者に到達していることが確認できた。

3.2 快適性評価 (表4)

一般的な温冷感の評価指標であるPMVを用いて快適性の評価を行う。

対象者 30%のいずれの制御型についても、表2に示すように対象者付近のPMVは温度緩和30°Cのケースと比較すると概ね回復している。

折衷型ケース等で一部回復していない対象者がいる要因としては局所気流吹出口からの距離が開いている、吹出角度が鉛直方向以外の成分が大きいなどが考えられる。

3.3 電力消費量 (図5)

各ケースの電力消費量は図3のように、どのケースにおいても基準ケースを上回ることにはなかった。また各ケース、省エネ型が最も電力消費量が少なく折衷型、快適型の順に消費量は増加していく傾向にあった。

図5 空調機電力消費量

4. まとめ・今後の展開

CFD結果、電力消費量、PMV結果から局所気流制御を用いた空調システムの可能性を確認できた。また今回の解析において、対象者付近のPCやモニターなどの発熱体の存在、吹出口から対象者までの距離、吹出角度が局所気流の挙動を大きく左右する要因となっていることが分かった。特に室温度との温度差がない等温吹出制御において顕著であるため、今後は実機ベースのモックアップを用いた検証実験を行い、局所気流制御のチューニングを行う。

注1)外気負荷が最も大きい時刻を選定した。2)局所気流制御を行う空調機では風速を確保するため局所気流の送出を行う吹出口以外の吹出口は閉じる。3)CFDではビルマルの吸込口平均温度が設定温度になるように吹出温度を変化させる制御方法を使用している。

文1)石黒亮:「居住域の温熱環境・省エネルギー性に関する研究(その6)天井カセット方式ビル用マルチエアコンによる放射・湿度を考慮した不在エリア制御の評価」、日本建築学会学術講演梗概集、環境工学II、pp.1039-1040、2010年9月 2)日本建築学会:拡張アメダス気象データ、大阪、2000年