

空調設備としての空気攪拌ファンの効果

Air flow analysis of the effect of Stirring Fans in Air-conditioning facilities

- 三成 雅子, 名大院 複雑系科学専攻, 〒464-8601 千種区不老町, minari@sis.nagoya-u.ac.jp
渡邊 崇, 名大 エコトピア科学, 〒464-8603 千種区不老町, t-watanabe@esi.nagoya-u.ac.jp
長谷川達也, 名大 エコトピア科学, 〒464-8603 千種区不老町, t-hasegawa@esi.nagoya-u.ac.jp
Masako MINARI, Dept. Complex Systems Science, Nagoya Univ., Furo-cho Chikusa-ku Nagoya Japan
Takashi WATANABE, EcoTopia Science Institute, Nagoya Univ., Furo-cho Chikusa-ku Nagoya Japan
Tatsuya HASEGAWA, EcoTopia Science Institute, Nagoya Univ., Furo-cho Chikusa-ku Nagoya Japan

We calculated the numerical value of air-conditioning in the large lecture room of our university. Examining energy conservation from the results and executing it are meaningful. Various conditions are set, an analytical result is put out, and the experimental measurement is performed. We installed the boundary conditions in a subspace of the large lecture room and calculated. In this subspace, there are an air-conditioner, a pair of total enthalpy heat exchanger and a stirring fan. They are equipped in the ceiling side. The effect of energy conservation has been seen in heating system when the experimental measurement was done. In this paper, we discuss the effect of air-stirring fan and compare the calculation results with experimental measurement.

1. はじめに

空調設備の技術は、すばらしい発展を遂げ、居住空間などの小規模な閉鎖空間では、良い結果が得られているとの報告もある⁽¹⁾。昨今では、種々の観点から省エネルギーを考慮した運用が必要とされている。この論題に対応しつつ、その空間での快適性をも配慮していくことが持続性社会構築の目指すところである。

大学の教室の空調で大講義室の気流解析を行ない、その結果から省エネルギーを検討・実施していくことは、これからの空調を考えていく上で大変意義深い。ここでは、さまざまな条件を設定して実験計測と相互に解析結果を検討していくために基礎的な計算をすることを目的とする。大講義室の気流解析は、まずサブスペースに境界を設けて計算を行なった。サブスペースは、大学講義室の一部分で、一機のエアコン・一對の全熱交換器・一機の攪拌ファンを天井面に有する。前回⁽²⁾計算でも暖房時に攪拌ファンの省エネルギー効果の可能性が見受けられた。ここでは、実験計測との対比検討が容易な境界条件で計算を行ない、その結果について論ずる。

2. 実験計測結果

名古屋大学の地球環境保全を考慮したエネルギー管理とその取り組みとして、大規模教室の空調補助装置（攪拌ファン）の省エネルギー効果の検証が行なわれている。2007年2月に実施された測定結果および測定条件を以下に示す⁽³⁾。

2. 1 測定条件

空調の暖房における省エネルギー効果を見るため、2007年2月3日（平均外気温7.6℃、晴れ）、2007年2月4日（平均外気温7.0℃、晴れ）の2日間行なわれた。空調機は、ガスヒートポンプエアコンで、室外機ガスメーターにデータロガーを取り付け、ガス消費量を測定した。またEPS内盤にクランプオンパワーハイテスタを取り付け室内機の電気消費量をパソコンによる電力量監視によって室外機の電気消費量を測定した。全熱交換器（交換型換気扇）と空気攪拌ファンの電気消費量は、EPS内既設メーターを目視して記録されることにより測定された。

教室室内温度測定は、大講義室の前列・中列・後列のそれぞれ天井（壁面の0.3m下）・床上・机上（床面の0.7m上）において行なわれた。Fig.1に温度測定箇所を表示する。

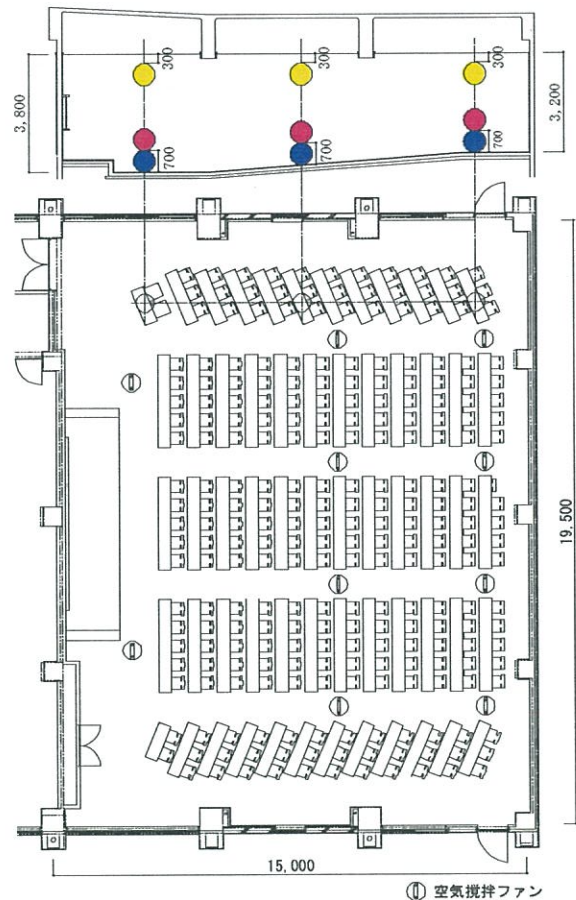


Fig.1 Location of measured points

2. 2 温度測定結果

Fig.2に2月3日、Fig.3に2月4日の室内温度測定結果を示す。両日共に教室室内前列での天井・机上・床上における温度測定結果に注目する。

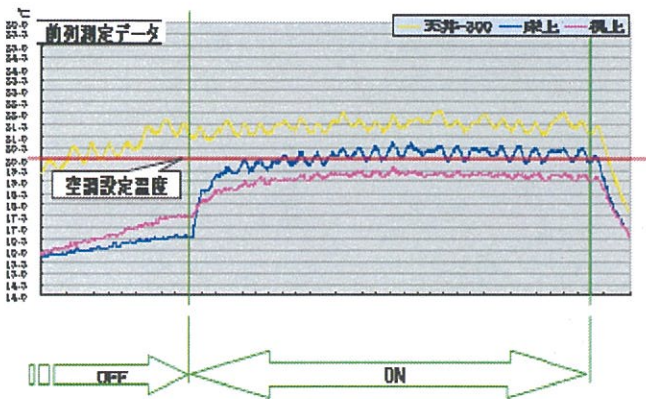


Fig. 2 Temperature on 2007/2/3

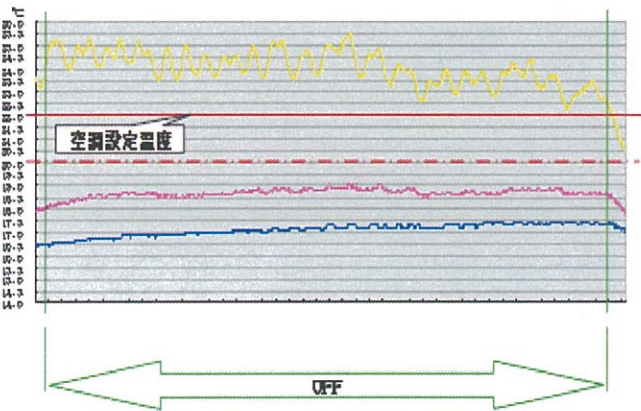


Fig. 3 Temperature on 2007/2/4

2. 3 攪拌ファンの省エネルギー効果

両日のガス消費量, 電気消費量, 原油換算を Table. 1 に示す. ガス消費量は, 空調機室外機で測定された. 電気消費量は, 空調機室内機・空調機室外機・全熱交換器(交換型換気扇)・空気攪拌ファンで測定された総計である. 攪拌ファンを作動させ適切な空調温度設定をすることにより, 電気消費量は 3%増加するがガス消費量は 17%減少し, 原油換算で 13%減の省エネルギー効果があった.

Date	Feb. 3	Feb. 4
Measurement time (h)	5	7
Mean temperature (°C)	7.6	7.0
Gas consumption (m ³)	11.915	20.157
Gas consumption(m ³ /h)	2.383	2.879
Electricity consumption (kwh)	19.82	27.02
Electricity consumption (kwh/h)	3.964	3.860
Crude oil equivalent (l/h)	3.851	4.413

Table.1 Energy consumption

3. 数値解析手法

分析プログラムは STAR-CD⁽⁴⁾で, そこで SIMPLE⁽⁵⁾に基づくアルゴリズムを使用した.

3. 1 解析領域

幅 15m, 深さ 20m, 高さ 3.8m~3.2m の大講義室のサブスペース領域の計算を行なった(Fig. 4).

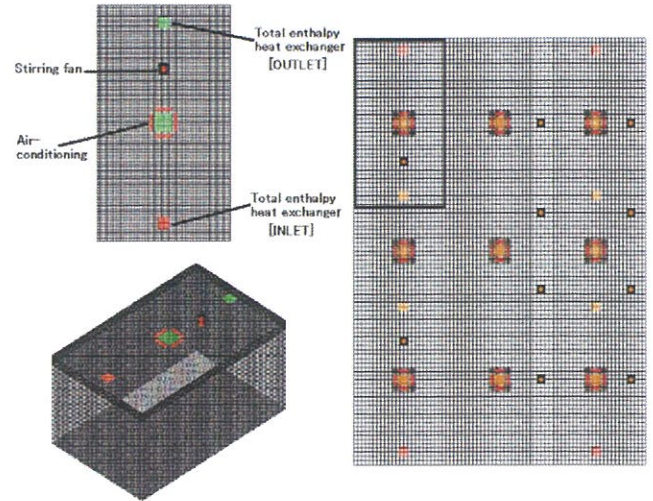


Fig. 4 Analysis region

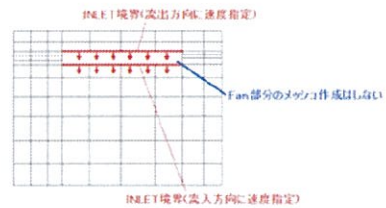


Fig. 5 Boundary condition of stirring fan

空気攪拌ファンの格子は作成せず, 空洞によってモデル化した. 攪拌ファンの空気が入ってくる所と噴出する所に, STAR-CD にインストールされたタイプ INLET の境界条件を採用する. 攪拌ファン作動時には, 同じ速度プロファイルが, 空気の入ってくる所と出て行く所に適用される. こうしてファンが空気を取り入れ, 噴出する状態を模擬する. この様子を Fig. 5 に示す.

3. 2 温度設定

温度設定条件は, 2007 年 2 月 3 日の実験計測時の値に揃えた. 講義室の屋内温度は計測データから推測して 15°C を初期条件とし, 屋外温度は 7.6°C とした.

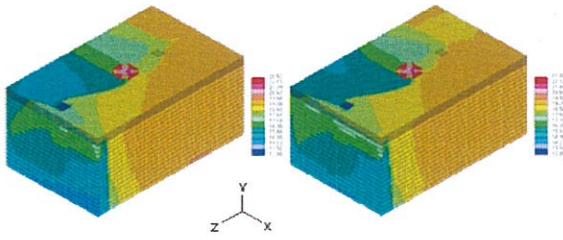
空調機の吹出し温度は, Fig. 2 天井位置での測定値から推測して 23°C とした. 全熱交換型換気扇の吹出し温度は, 温度交換効率⁽⁶⁾を考慮して初期値を 12.8°C とした. 攪拌ファンの空気流入の初期温度は, 屋内初期温度 15°C とした.

4. 数値計算結果による攪拌ファンの効果比較

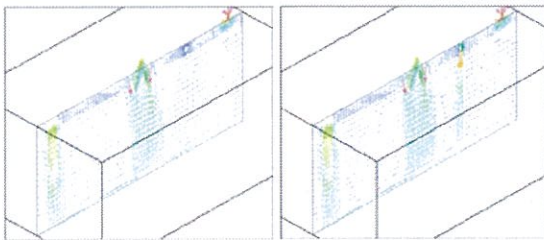
初回の計算結果から, 新たに設定温度を変更して 2 回目の計算結果を得ることを繰り返し, 合わせて 4 ステップの計算を行なった. 1 ステップ目の結果を, Table.2 に計算結果を数値として, Fig.6 には温度の等面として, Fig.7 には中央断面の気流分布として示す.

		T:temperature(°C)			
		without fan operation		with fan operation	
Max.T	Min.T	22.8	12.8	22.8	12.8
MeanT	RMS	18.3	1.27	18.2	1.12

Table.2 Comparison of results with and without fan operation



without fan operation with fan operation
Fig. 6 3D-surface (1st: contour map of temperature)



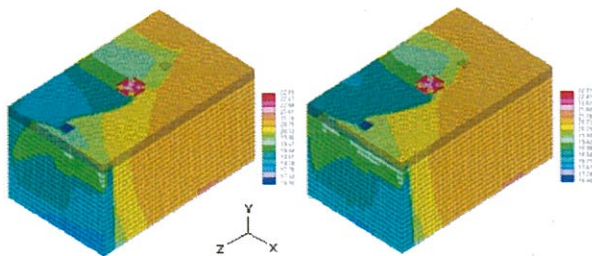
without fan operation with fan operation
Fig. 7 Center slice section (1st: velocity diagram)

攪拌ファン稼働なしの計算結果から全熱交換器(交換型換気扇)吸込み口の温度と攪拌ファンの空気流入部あたりの温度を初回可視化結果から読み取り、新しくそれらの設定温度で第2回目の計算を行なった。同様に前回の可視化結果から設定温度を決め、計4ステップ計算を行なった。その繰り返しの結果をTable.3に示す。第4ステップの温度の等面をFig.8に、中央断面の気流分布をFig.9に示す。

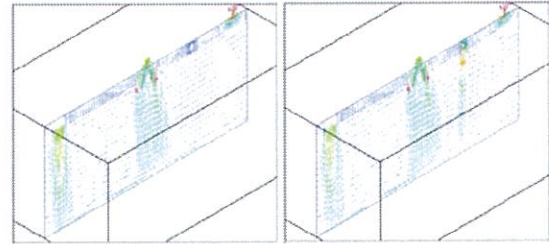
T: temperature(°C)

Step			without fan operation		with fan operation	
1 st	Max.T	Min.T	22.8	12.8	22.8	12.8
	MeanT	RMS	18.3	1.27	18.2	1.12
2 nd	Max.T	Min.T	22.9	16.0	22.9	16.0
	MeanT	RMS	19.8	0.87	19.7	0.78
3 rd	Max.T	Min.T	22.9	16.7	22.9	16.6
	MeanT	RMS	20.1	0.78	20.1	0.73
4 th	Max.T	Min.T	22.9	16.9	22.9	16.8
	MeanT	RMS	20.2	0.76	20.2	0.72

Table.3 The change of numerical value by repetition



without fan operation with fan operation
Fig. 8 3D-surface (4th: contour map of temperature)



without fan operation with fan operation
Fig. 9 Center slice section (4th: velocity diagram)

計算は、攪拌ファンの稼働がなくても第1ステップで収束し、全熱交換器吹出し口と攪拌ファン空気流入部の温度設定で上昇分を考慮してもファンの稼働のあるなしで、平均温度・最高温度・最低温度はほとんど変わらない。

5. 数值計算による攪拌ファン稼働時の解析結果

第4章での攪拌ファン稼働時の第4ステップの計算結果について考察する。

5. 1 数值解析結果と実験計測結果との照合

攪拌ファンを稼働させた場合の数值計算結果と実験計測結果を床上、机、天井下の3箇所と比較するため数值計算では、床上は床面5cm上、机は床から70cm上、天井は天井壁面から30cm下の垂直平面の平均温度とその変動を求めた。その値をTable.4に示す。

T: temperature

Location	T (°C)	Measurement		Calculated	
		T		Mean T	RMS
on floor	20.25			20.2705	0.947143
on desk	19.25			20.1238	0.722812
below ceiling	21.50			20.1973	0.697614

Table.4 Temperature with fan operation

1 ポイントの計測温度、計算による面の平均温度の両者とも机上よりも床上で高い値となった。計算による平均温度では床上・机上・天井での温度差がピンポイント計測によるものよりも小さい。

5. 2 3箇所の高さにおける温度分布

Fig.10に天井下(y=350)平面、Fig.11に机上(y=70)平面、Fig.12に床上(y=5)平面での温度分布の計算結果を示す。

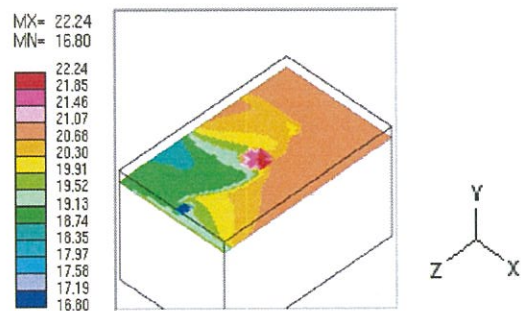


Fig. 10 Contour map of temperature with fan operation (y=350)