

〔論文〕

ダイヤフラム式送風に関する可視化研究 (その2)

池鯉鮒 悟*

“Study of a Diaphragm Type Air Blower by Flow Visualization (Part 2)”

Satoru CHIRIFU

Abstract

The characteristics of a diaphragm type air blower were investigated using the flow visualization method. For the purpose of this study, an experimental diaphragm type air blower equipped with a stepping motor was produced. The results obtained using this experimental air blower are reported in this paper. The top of the airflow from the diaphragm type air blower is a “vortex ring”. This flow is expected to be applied to spot cooling and duct-less air conditioning systems.

要 旨

ダイヤフラム式送風に着目して、その吹出し特性を気流の可視化手法を用いて実験的に検討した。本報では、ステッピングモータを使用したダイヤフラム式送風実験装置を製作し、その実験装置を用いて得られた結果について報告する。ダイヤフラム式送風による吹出し気流の先端部は「渦輪」と呼ばれる流れで、スポット空調の吹出し方式や、ダクトレス空気搬送への応用が期待される。

Keywords : Air flow, Vortex-ring, Spot cooling, Diaphragm, Flow visualization

1. はじめに

工場・ホール等の大空間や、厨房のような暑熱環境のスポット空調では、ノズル吹出し方式が広く用いられている。ノズル吹出しの場合、吹出風速は10~15m/sと大きく、そのため能力の大きいファンが必要であったり、また噴流の拡散により、スポットを狙った送風が難しいという問題点もある。

本研究ではダイヤフラム式送風をスポット空調等の局所送風に利用しようという点と、またダクトレス空気搬送への応用の可能性から、その吹出し特性を明らかにしようとしている。

ダイヤフラム式送風による吹出し気流は、渦輪(ボルテックスリング)と呼ばれる流れであり、気体や液体中の渦輪に関しては古くから可視化研究¹⁾が行われてきている。近年ではPIVによる計測²⁾や数値

シミュレーションによる研究、バーチャルリアリティにおける匂いの提示手法に関する研究などがある。ほとんどが直径数センチメートルの円形吹出し口から吹出された渦輪が対象で、室内のような大きな空調空間を対象とした研究はなされていない。

既報³⁾では、既製の空気砲玩具を用いたダイヤフラム式送風実験装置を使用して、その吹出特性を気流の可視化手法を用いて検討し、装置から吹出される渦輪の経過時間と移動距離・移動速度の関係、吹出し風速と速度の減衰の関係等について報告した。本報では、既報同様のパラメータ変化に加えて、ピストン部の動作を一定に再現でき、また将来的な連続送風を視野に入れた実験も行うことができるように、モータ駆動ピストン方式のダイヤフラム式送風装置を製作して実験を行ったので、その結果について報告する。

* 建築・設備工学科
平成24年1月30日受理

2. 実験装置

今回のダイヤフラム式送風装置は図1に示すようにモータ駆動方式としている。内寸が300×300×600mmの角型のシリンダー内に自由に動く合板製のピストンを内蔵している。ピストンの合板には支持用の軸を設け、支持用の軸はクランクを介してステッピングモータに接続されている。このステッピングモータはギヤを内蔵しており、0～250rpmで回転数を自由に変えることができる。モータ回転数の設定及び、回転・停止はモータコントローラで行なっている。モータの回転がピストン部の前後運動になり、空気を吹出す方式である。ストロークの長さを変えられるようになっており、それにより吹出し空気量を変化させ、モータの回転数により吹出し速度を変えることができる。

ピストン部の動作状況は図2に示す通りである。既報の実験では、ゴムひもを駆動源としていたため、

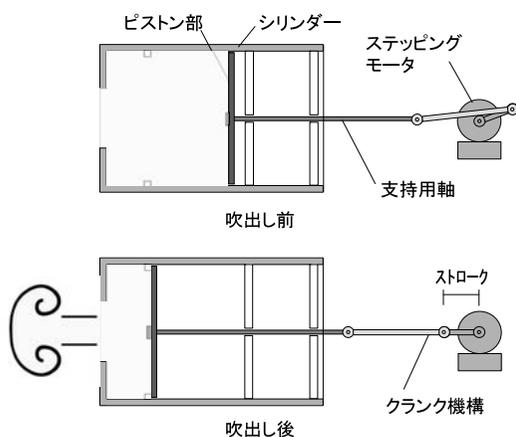


図1 ダイヤフラム式送風装置の断面

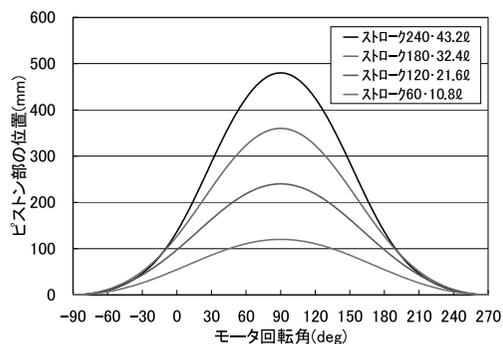


図2 ピストン部の動作

ピストン部の動作状況にばらつきがあり一定ではなかったが、今回モータ駆動とすることによって、図2のような波形の動作となり、再現性もある。また、これは今後の連続吹出しを想定した改造でもある。

図2の中で、シリンダー内部の体積が最も大きい状態をピストン部の位置 = 0としている。

実験は黒色遮光カーテンで遮光した暗室にて行った。図3に実験概要を示す。光源としては高輝度白色LED (OptoSupply社製 OSPW5111A-Z3 : 順方向電圧3.3V、30000mcd、広がり角15deg) を190個用いて約1.5cmの間隔で配置し、艶消し黒色塗料で塗装した厚さ4mm、高さ150mmの合板をLED列の両側に15mmの間隔を設けて取り付け、スリット光源とした。LED38個分を1ユニットとして、5ユニットを連結して約3mの長さの光源としている。ダイヤフラム式送風装置は床60cmの高さになるように台の上に固定し、送風装置の吹出口から吹出された渦輪は、LEDスリット光源上約45cmの位置をほぼ水平に流れるようになっている。

可視化用のトレーサとしては、蚊取り線香の煙を使用した。また、映像の撮影はデジタルビデオカメラ (松下電器産業株式会社製 NV-DS5) を三脚に固定して距離約5mの位置から撮影している。

3. 実験方法

ダイヤフラム式送風装置から空気を吹出す際は、点火した蚊取り線香4本を送風装置内に入れてフタを

表1 実験パターン

吹出口径 (mm)	吹出空気量 (ℓ)	ステッピングモータ回転数 (rpm)			
		300	400	500	600
150	10.8				
	21.6				
	32.4				
	43.2				
200	10.8				
	21.6				
	32.4				
	43.2				
250	10.8				
	21.6				
	32.4				
	43.2				

注) 実験を行なった箇所を印で示した。

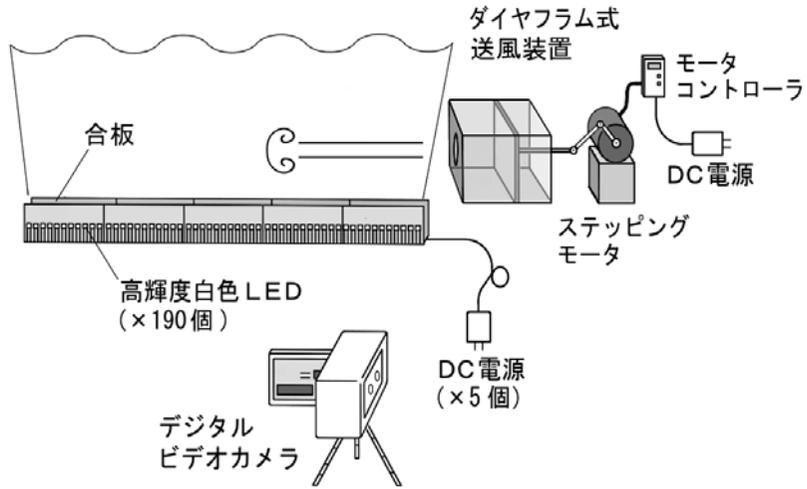


図3 実験概要

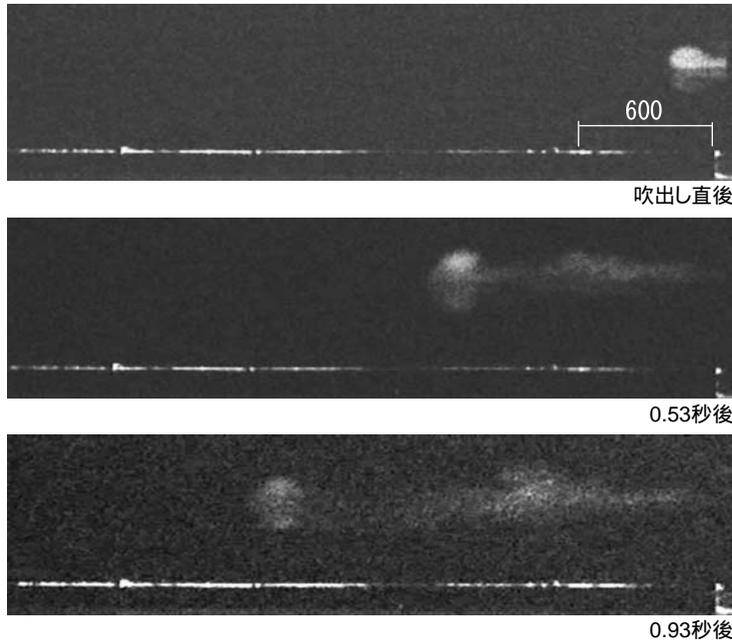


図4 渦輪の移動 (吹き出し口径 150の場合)

し、10秒程度経って煙が送風装置内に十分充満してからフタを取り、ステッピングモータを動作させて吹出した。実験パターンは表1に示す通りである。煙を含んだ吹出空気(渦輪)は、下方からのLEDスリット光によってその断面が可視化され、ビデオカメラで撮影した映像は、動画および静止画像としてパソコンに取り込んだ。

4. 画像処理と計測

取り込まれた静止画像は、画像処理ソフト Adobe Photoshop Elements を用いて処理した。

撮影された映像は、明るさの不足等により、十分に先端位置等が確認できないものもあるため、Photoshop 上で画像処理(画質調整 明るさ・コントラスト レベル補正)を行うことにより補正・強調し

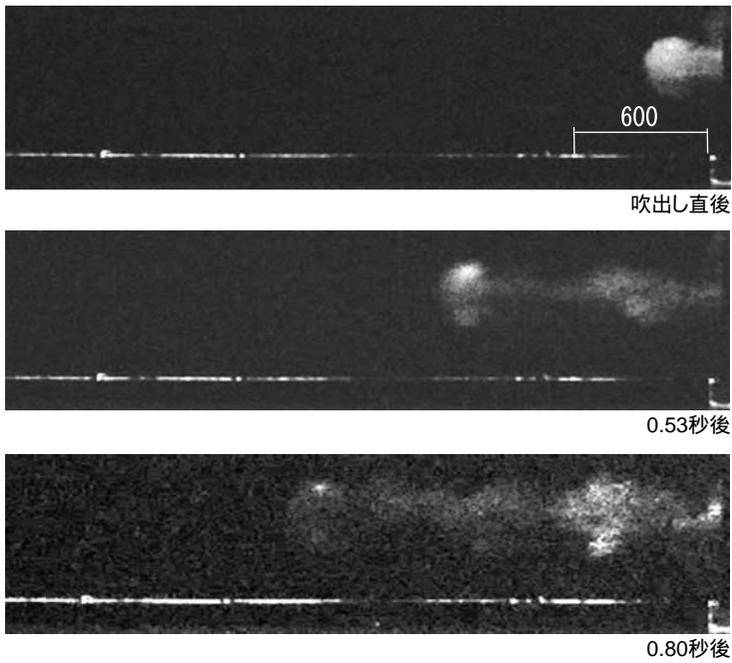


図5 渦輪の移動（吹出し口径 200の場合）

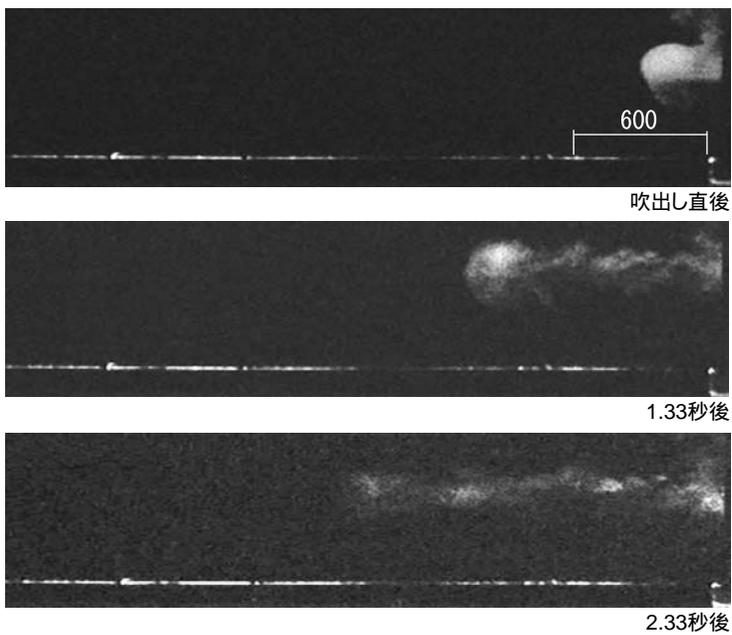


図6 渦輪の移動（吹出し口径 250の場合）

た。また Photoshop の情報表示機能により、渦輪先端の位置を XY 座標値で読み取り、実際に移動した距離に換算した。またビデオ映像(動画)の各コマ数から算出した経過時間と移動距離から、移動速度も求めた。

5. 実験結果・考察

5.1 渦輪の移動の様子

図4~図6は、吹出し口径がそれぞれ 150、200、250の場合の渦輪の移動の様子を示したものである。口径の違いによって渦輪のサイズは異なっているが、その形状は同様であり、渦輪が形を保ったまま軌跡を残しながら移動していく様子がよくわかる。

5.2 経過時間と移動距離の関係

図7に吹出し口径 200で、吹出し空気量21.6ℓの場合の、吹出してからの経過時間と渦輪の移動距離との関係の一例を示す。図中の値はステッピングモータの回転数である。吹出口径および吹出し空気量が同一であるため、吹出し風速のみを変化させて

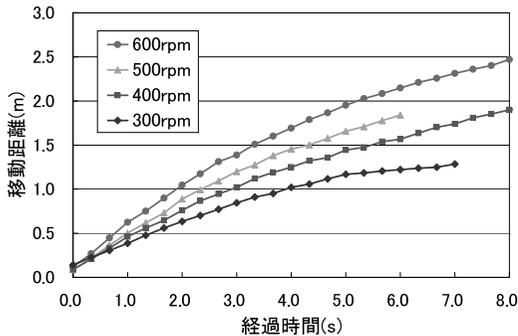


図7 経過時間と移動距離の関係

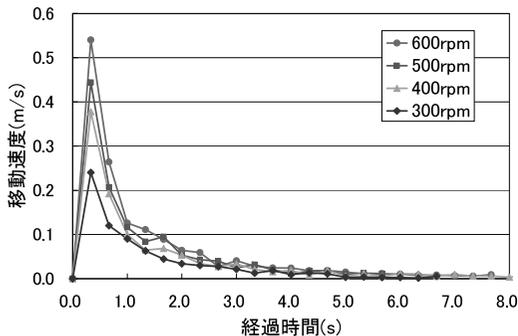


図8 経過時間と移動速度の関係

いることになる。吹出し風速が大きいほど短時間で遠くまで到達する。また、図8に経過時間と渦輪の移動速度との関係を示す。吹出し直後から少し(0.3s程度)経ってから、速度の最大値が現れる結果となっている。これは、ピストン部が図2のような動作パターンであることによる。

5.3 経過時間と移動速度の関係

図9及び図10に、吹出し口径が 150で、吹出し速度の最大値が同程度(1.15~1.22m/s程度)のものについて、経過時間と移動距離、移動速度との関係を示した。吹出し空気量は21.6~43.2ℓまで変化させているが、図9の経過時間と移動距離の関係についてはそれほど大きな差は見られず、図10もほぼ同様な変化を示している。当然の結果と言えるかもしれないが、移動距離や移動速度は吹出し空気量ではなく吹出し速度の最大値に依存していることがわかる。

5.4 吹出し口径の影響

図11に、吹出し口径が異なった場合で、吹出し風

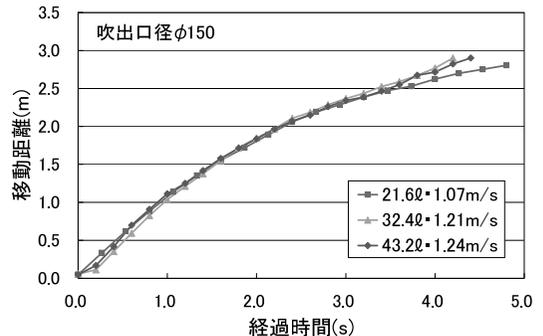


図9 吹出し空気量の影響(経過時間と移動距離)

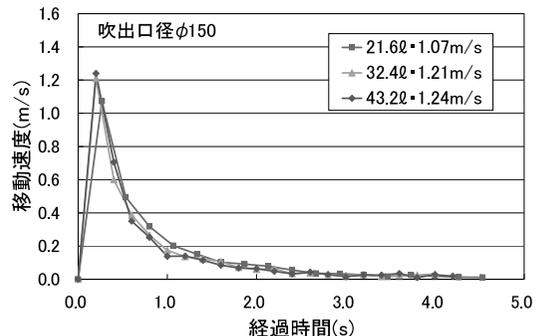


図10 吹出し空気量の影響(経過時間と移動速度)

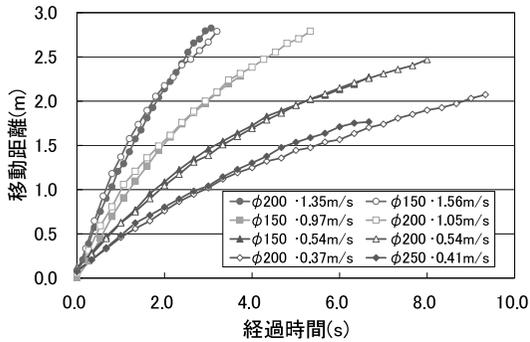


図11 吹出し口径の影響(経過時間と移動距離)

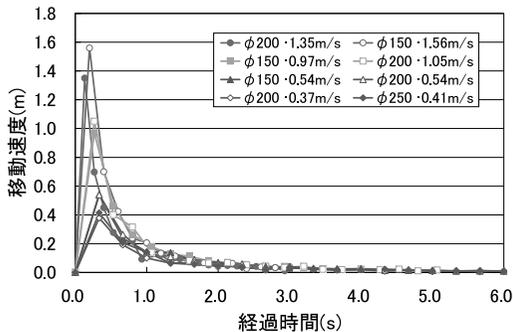


図12 吹出し口径の影響(経過時間と移動速度)

速の最大値がほぼ同様なパターンの例を4組示す。これを見ると、吹出し口径が異なっても吹出し風速の最大値が同程度であれば、同様な経過時間 - 移動距離の関係となっている。口径が異なれば渦輪のサイズも異なるため、搬送されている空気量は異なっていると考えられるが、その移動距離は吹出し風速の最大値に影響されている。図12は同様のパターン

で、経過時間と移動速度の関係を表したものである。吹出し口径によらず、同じような速度減衰パターンを示している。

5. まとめ

本研究による結果を、以下にまとめる。

- ① ステッピングモータ駆動によるダイヤフラム式送風実験装置を用いることで、送風動作を一定にし、動作の状況を明確にすることができた。
- ② 渦輪の移動距離や移動速度は、吹出し空気量には依存せず、吹出し風速の最大値に依存する。
- ③ 吹出し口径が異なっても、移動距離や移動速度に影響するのは、吹出し風速の最大値である。

謝 辞

研究当時、久留米工業大学4年生であった古賀啓徳君・山下賢蔵君の両名には、実験の準備からデータ整理まで多大な協力をいただいた。ここに深く謝意を表す。

参考文献

- 1) 流れの可視化学会編：流れの可視化ハンドブック p 317、p 467、1986
- 2) 赤木不二雄・加藤雄介・安東洋一・山口住夫：脈動噴流により形成される渦輪のPIV計測、福岡大学工学集報第79号、pp. 10、2007
- 3) 池鯉鮒悟：ダイヤフラム式送風に関する可視化研究、久留米工業大学研究報告 No. 32、pp77-82、2009