

112 弾性振動型ファンの誘起する流れ (細長体噴流との比較)

On the Flow Discharged from the Fan made of a Vibrating Plate
(The Comparison with the Jet issuing from a Rectangular Slot)

正 増淵 寿 (小山高専)
正 秋山 光庸 (宇大工)

○ 松田 優一 (小山高専・専攻科)
正 杉山 均 (宇大工)

Yuuichi MATSUDA and Hisashi MASUBUCHI, Oyama College of Tech., 771 Nakakuki, Oyama, Tochigi
Mitsunobu AKIYAMA and Hitoshi SUGIYAMA, Utsunomiya Univ., 7-1-2 Youtou, Utsunomiya, Tochigi

Key words : Jet, Fan, Vibrating Plate, Hot-Wire Anemometer

1. 緒言

コンピューターなどの電子情報機器の進歩に伴い、電子製品の発熱量は年を追って増大し、機器の冷却が問題となっている。その冷却用の小型ファンとして圧電素子をアクチュエータとする圧電ファンがある⁽¹⁾。これは、団扇のように平板の上下振動で送風を行うファンで、簡単な構造で騒音が小さく、低消費電力であるといった特徴を有している。

著者らは、この圧電ファンが誘起する流れに注目し、これまでにトレーサ法による流れの可視化、レーザ・ドップラ流速計(LDV)による速度分布計測により、有限幅の平板が作り出す三次元流れ場の概要を明らかにしてきた⁽²⁾。本研究では、これらの結果を踏まえて、圧電ファンの振幅・振動数(板厚)が誘起する噴流に及ぼす影響を明らかにするため、熱線流速計により速度計測を行う。

2. 実験装置および方法

本実験に使用する実験装置および座標系を図1に示す。座標系の原点Oは、振動平板自由端の中央に定める。

振動平板の駆動には電磁式の加振機(Akashi社製MEE-015)を使用する。加振機に取り付けたステイ上に長方形の塩化ビニル製の平板を固定し、上下方向に微小振動させる。このとき、平板の共振を利用して振幅を増大させているため、ステイの上下振動の振幅は極めて小さく、本実験装置によって誘起される流れは、圧電ファンが誘起する流れとほぼ同一と見なすことができる。

この振動平板によって誘起される流速を定温度形計熱線流速計(Kanomax社製SYSTEM7102)で計測する。本研究では、I型熱線プローブをトラバース装置でx軸方向に送り、 $1 \leq x \leq 50\text{mm}$ の範囲で軸に沿う噴流速度(5秒間の平均値)を測定した。振動平板の寸法は、幅 $B=40\text{mm}$ 、長さ $L=25\text{mm}$ とし、振幅、振動数(板厚 $t=0.1 \sim 0.4\text{mm}$)を変化させてx軸上風速測定を行う。

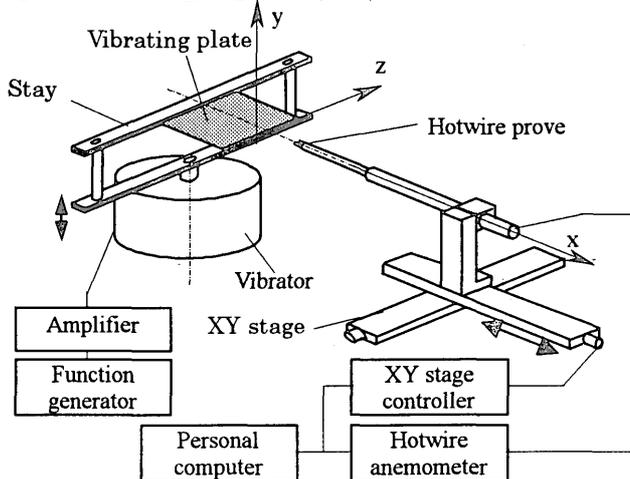


Fig.1 Schematic of experimental apparatus.

3. 実験結果

3-1 流れ場の構造とx軸上速度分布

振動平板が誘起する流れの中では、平板幅中央から発生する噴流状の流れの流速が大きく、冷却用のファンとして使用する際には最も重要な流れとなる。そこで、この噴流に注目し、x軸上の時間平均速度(図2)を測定した。その結果、誘起される噴流は、速度勾配から3つの領域に区分できることが明らかとなった。LDVで測定された振動平板周りの速度分布(図3)と併せると、各領域は次のように説明できる。

領域I: 振動平板の自由端直後の流れは、平板幅の半分以上

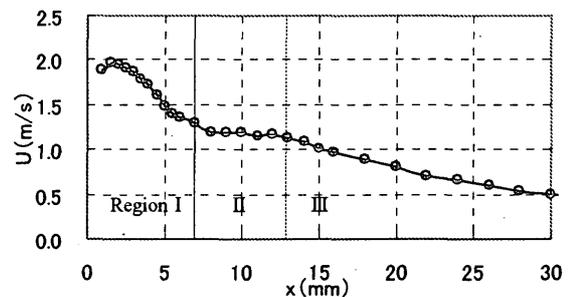


Fig.2 Velocity distribution on the x axis.

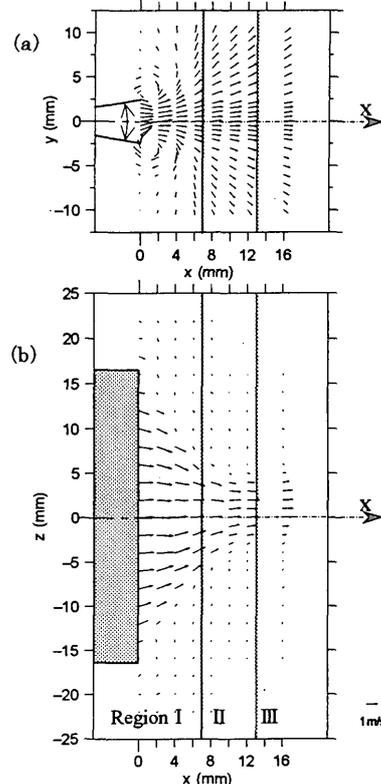


Fig.3 Velocity distribution around the vibrating plate.

(a) x-y plane ($z=0\text{mm}$), (b) x-z plane ($y=0\text{mm}$)

下の領域では、速度は w 成分が小さく、 $x-z$ 断面上において幅方向に速度 u がほぼ一様となる領域を有している。この振動平板に最も近く、二次元の流れ場とみなすことができる領域が I である。領域 I の $x-y$ 断面上では自由端近傍を起点として放射状に拡散する流れがあるため、 x 軸上の風速は振動平板から遠ざかるにつれて急激に減速する。

領域 II : 図 3 (b) の $x-z$ 断面の自由端直後の幅中央付近にみられる一様流速域の幅は x の増加につれて減少する。その外側には幅中央 (x 軸) へ向かう収束流があり、両側からの収束流が合流する場所が領域 II である。そして、合流によって x 軸上風速が加速するものと期待される。実際には、 $x-y$

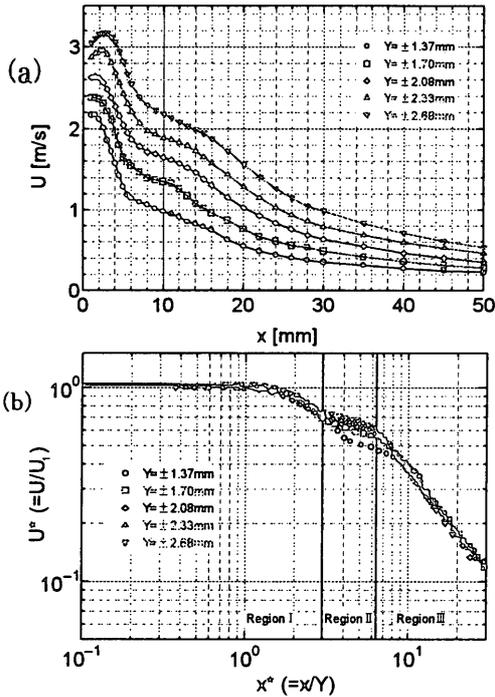


Fig.4 (a) Effect of the amplitude of displacement on the decay on the x axis. (b) Normalized velocity decay.

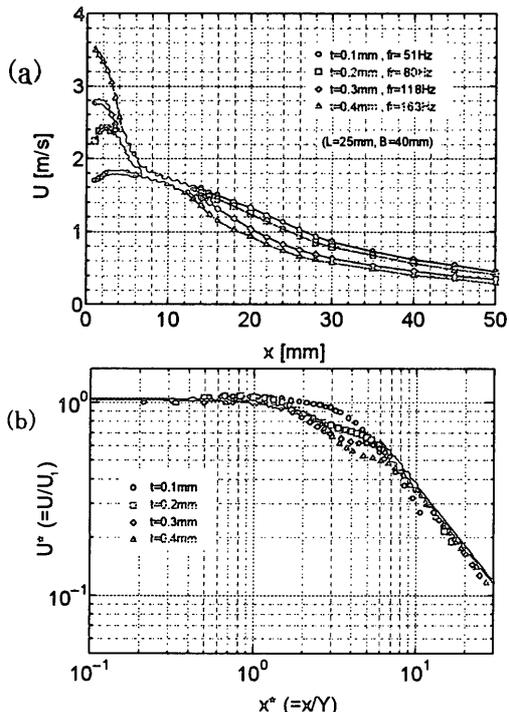


Fig.5 (a) Effect of the plate thickness on the decay on the x axis. (b) Normalized velocity decay.

断面では y 方向への拡散が続くため、加速しない場合があるが、減速の勾配は領域 I に比べ明らかに緩やかになる。

領域 III : $x-z$ 断面で生じた収束流の合流が完了し、その影響がみられなくなる場所以降が領域 III である。噴流状の流れは高さ y および幅 z 方向へ空気粘性によって拡散する。このため、領域 II よりも大きな勾配で減速が生じる。

このように、 x 軸上速度減衰曲線は、噴流の y 方向への拡散の程度や、幅方向の収束流の合流など、振動平板が誘起する噴流の特徴をよく表している。

3-2 振動平板の振幅による影響

次に、振動平板先端の振幅 Y が流れ場に及ぼす影響について調べるため、 $Y = \pm 1.35 \sim 2.68$ mm に変化させ、 x 軸上における風速を測定した。

図 4 (a) より、振幅が増加するにつれ、風速も増加しているが、領域 I ~ II へ遷移する位置にはあまり変化がない。この測定結果について、細長体噴流と対比し、 $U^* = U/U_1$ 、 $x^* = x/Y$ と同様の無次元化を行い、 U^* と x^* の値を両対数グラフ上にプロットしたものが図 4 (b) である。(但し、 U_1 : $x=1$ mm の位置における風速、 Y : 振動平板の先端振幅)。

領域 I と III については、異なる振幅のデータが、ほぼ同一曲線上にあり、噴流と同様の無次元化が適切であるものと考えられる。特に、領域 III では速度減衰勾配の大きさはおよそ x^{-1} に比例しており、流れは y , z の両方向に粘性拡散していく噴流に近いものと予想される。

また、領域 II において、速度減衰の勾配は振幅にかかわらず同程度の値となっているが、領域 I ~ II および II ~ III への遷移は、振幅が大きくなるほど無次元距離 x^* の小さな場所で、より大きな無次元風速 U^* で生じている。

3-3 振動平板の振動数 (板厚) による影響

平板厚さの違いは、平板の共振振動数を変化させる。共振振動数の異なる振動平板を用いて流れ場を比較する場合、先端振幅を統一すると噴流速度の大きさは著しく異なってしまう。そこで、振幅でなく振動平板の先端速度 v_p を 1.5 m/s に統一して実験を行う。

x 軸上速度減衰のようすを図 5 (a) に示す。厚さ $t=0.4$ mm の振動平板は、自由端近傍での噴流速度は大きい、振動平板から離れるにつれ風速は急激に低下する。一方、厚さ $t=0.1$ mm の振動平板では、自由端近傍での噴流速度は小さいものの、振動平板から離れることによる速度減衰は小さい。このため、 $x=10$ mm を境として、平板厚さによる風速の大小の順に逆転している。

図 5 (b) の無次元化減衰曲線によれば、厚さを変えても領域 I、III についてはほぼ同一曲線になることが分かる。

4. 結論

本研究では、弾性振動平板が誘起する噴流状の流れに、振幅、板厚 (振動数) がおよぼす影響を熱線流速計で測定した。これにより得られた結果を以下に示す。

- (1) 平板の幅中央に沿った軸 (x 軸) 上での速度減衰は、3つの領域に区分される。この x 軸上速度減衰曲線は、平板から誘起される流れ場の把握に有効である。
- (2) 振動平板が誘起する流れには、細長体噴流との類似点が見られる。
- (3) x 軸上速度減衰曲線に細長体噴流に倣って無次元化を施せば、同一の振動平板で振幅、振動数 (板厚) が異なる場合でも、流れ場をおおよそ統一的に扱うことが可能となる。

5. 参考文献

- (1) J. H. Yoo, J. I. Hong and W. Cao, Sens. Actuators, A79-1(2000), 8-12.
- (2) 増淵寿・他 2 名, 機論, 67-653, B (2001), 75-81