

円柱群後流の構造

佐藤 浩、斉藤博之助、中村 宏 （流れ研究集団）

The structure of wakes behind a group of cylinders

H.Sato, H.saito and H.Nakamura

Insrttute of Flow Research

ABSTRACT

The strudture of a single cylinder has been investigated in detal by many authers. But littles are known about the wake structure of a group of cykinders in complicated configurations This paper presents the first step to this complicated problem.We made a measurement by hot-wire anemometer in a small low-turbulence wind tunnel..The most important orocess in the wake is the randomization process in the vortex street. We introduced rhe objective measurement of the wake by compairing line and continuos spectra. it was proved that the downstream cylider screens the votex street of the upstream cylinder..

keywords ; :two-dimennsional wake,vortex street

1 はじめに

一様流の中に置かれた一本の円柱については、物凄い分量のの文献があり、もう新しくやることはありません。然し複数の円柱が色々な形に置かれた場合については殆ど研究がありません。

この研究の一つの目的は複雑な形の周りの流れがどのようにして簡単な流れの組み合わせによって理解できるかを追求することです。

もう一つの目標は流体力学の枠を超えています。世間には初期条件の微細な違いから結果に、大きな違いを生むことがあります。別の言い方によると、初めの偶然度あるいは乱雑度の異常な成長です。円柱群の近所の流れの中でこの異常成長をする可能性があります。

す。もしそうなら、簡単なシステムで異常成長の条件その他を調べることが出来るでしょう。

実験は小型低乱風洞で行われました。図1はその有様を示しています。風速は主として 4 m/s です。円柱としては 3 mm と 5 mm の物で、レイノルズ数は小さい実験です。測定は主として熱線風速計で行われました。図1は実験のやり方を示しています。

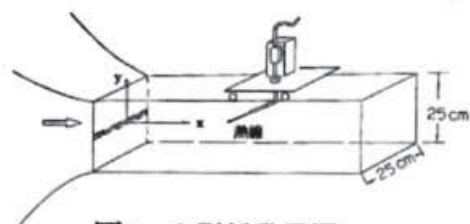


図1 小型低乱風洞

2. 単円柱

先ず一個の円柱の流れを復習します。

図2は後流の中の一点での速度変動のエネルギースペクトルです。円柱直径は5

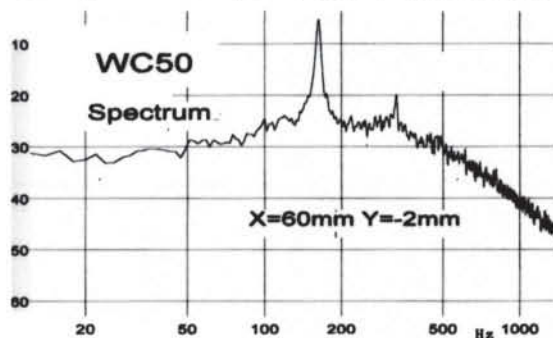


図2

mmです。縦軸はデシベルで、1目盛りが10デシベルです。170Hz付近の強い線スペクトルは、渦列の周波数を示します。

この周波数 f は Strouhal の関係

$$f d / U = 0.2$$

を満たしています。

その2倍の周波数の小さい線スペクトルは円柱渦列に特有な物です。

図のようなスペクトルは下流方向へ徐々に変わってゆき、やがては線スペクトルが消滅して図3のようになります。

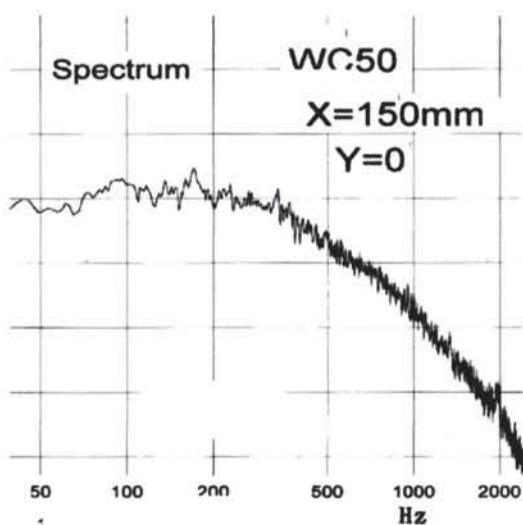


図3

そのスペクトルの変化が乱雑化を物語っ

ているのですが、そのことをもっと定量的に表現することを試みました。すなわち乱雑度というものゝ乱雑な成分の全エネルギーに対する比で表し、この乱雑度を何とか定量的に表現しようというのです。すなわち

$$\overline{u^2} = \overline{u_p^2} + \overline{u_r^2}$$

$$rzd(x,y) = \overline{u_r^2} / \overline{u^2}$$

$\overline{u^2}$: 変動速度

$\overline{u_p^2}$: 周期成分、線スペクトル

$\overline{u_r^2}$: 乱雑成分、連続スペクトル

と定義して乱雑度 rzd を求めようというのです。必要な回路は下図のようです。すな

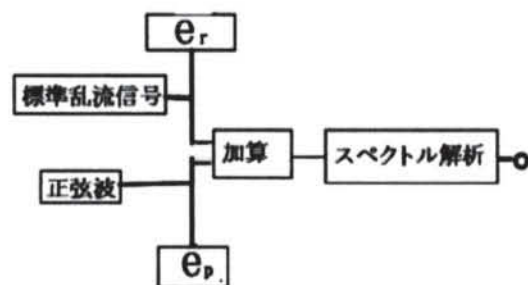


図4 乱雑度校正装置

わち標準乱雑信号と正弦波を加えてそれをスペクトル解析します。線スペクトルとして、連続スペクトルより抜きこんでいる部分の比を求めるわけです。それによって図5のような校正曲線を得ることが出来ます。縦軸は乱雑度を1から引いた物、即ち秩序度になっていることに注意してくださ

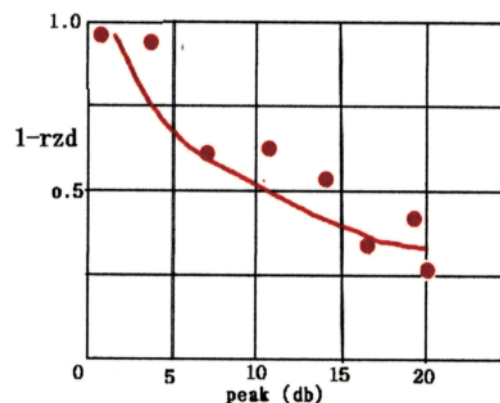


図5 校正曲線

このような校正曲線を使って測定した結

果を図 6 に示します。中心線、 $Y = 0$

です。

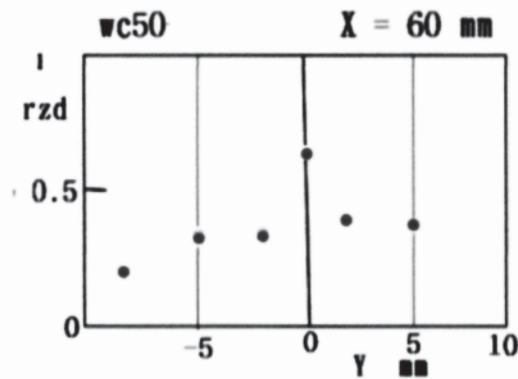


図 6

付近が大きく、外側の部分より速く乱雑化することがはっきりと示されています。

3. 同径二円柱

次は同じ直径の 2 つの円柱が流れ方向に並んでいる場合です。その際面白いのは二つの円柱から放出される二つの渦列がどのように干渉するかという問題です。

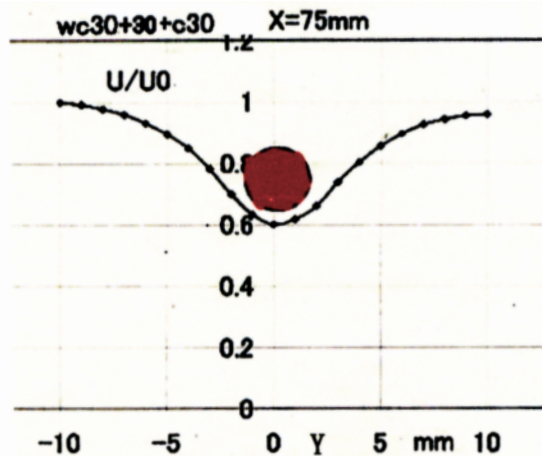


図 7

図 7 は下流側の円柱から 25 mm 下流での平均速度の分布です。円柱がどのように後流の中に収まるかを示しています。

速度変動の強さの分布を示したのが図 8 です。中心軸上の最大値は 17 パーセントに達しています。これらの 2 つの分布は典型的な後流の分布で、特別な物はないよう

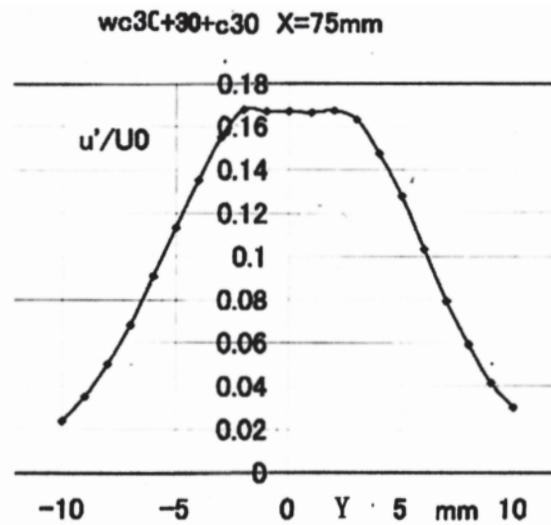


図 8

速度変動の特徴をはっきりと示す物はスペクトルです。

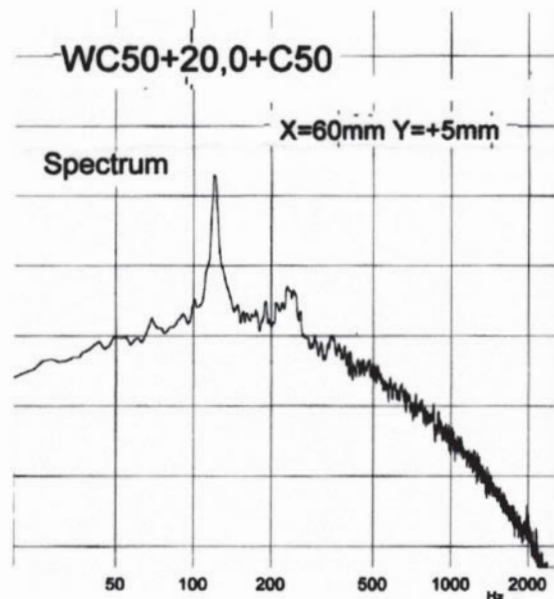


図 9

図 9 は直径 5 mm の二本の円柱を 20 mm の間隔で並べたときのスペクトルです。線スペクトルのうち周波数の低い方は 120 Hz 程で、単独円柱の時と大きく違っています。また上流の円柱が作った渦列は完全に消滅しています。

下流になるにつれて二つの線スペクトルは段々に小さくなり、やがては連続的な乱

流後流を形成します。具体的な変動の波形は図10の通りです。180 Hzの成分が卓越していることが分かります。

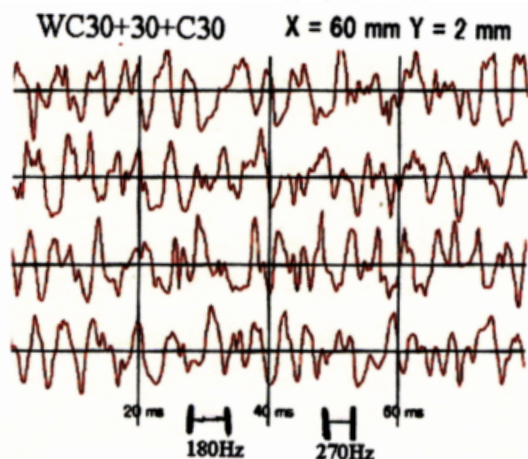


図10

下流でのスペクトルを図11に示します。大体の形は単独円柱の時とさしたる違いはありません。

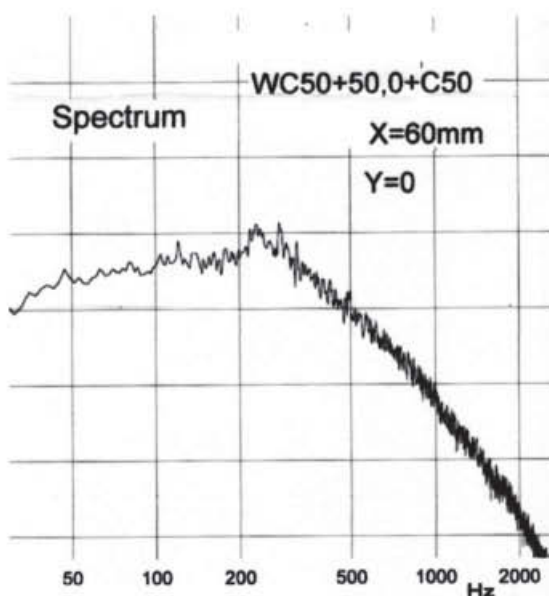


図11

この2円柱の場合の卓越周波数は何によって決まるのかを考えました。出来る渦列は下流側の円柱で決まることですから、下流の円柱が無いときに単一円柱としてその場所に作られる後流の中心線上の速度を使って Strouhal 数0, 2によって放出周波数を計算してみました。その結果を図12

に示します。実際に測定された周波数との一致は良好で、このような計算の有効性が実証されました。物理的には、下流側の円柱の場所では Strouhal 数として0, 2を使えば放出周波数が計算できることと、後流のように速度変動があっても、そこに円柱を置けば、ちゃんとした渦列が作られることを実証しました。

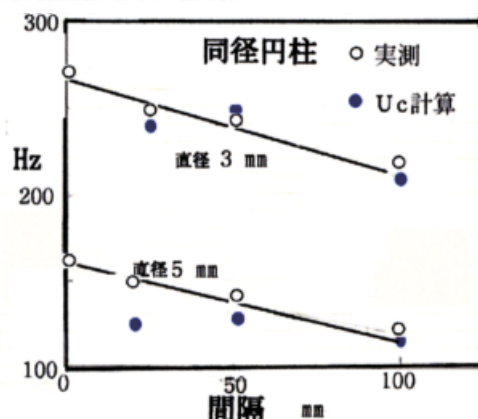


図12

これに反して、2本の円柱の直径が違っているときには旨いきません。図13は直径5 mmと3 mmとがある距離で並立する場合です。この場合は下流の円柱の場所

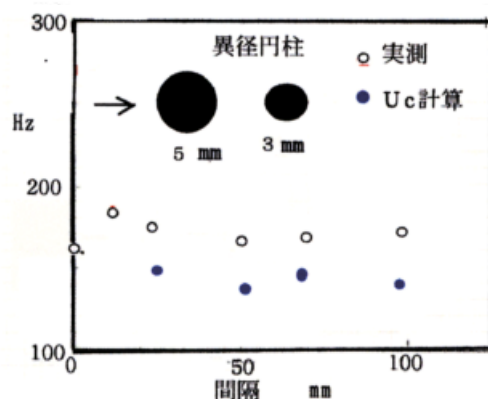


図13

での風速を使った計算では一致しません。このことは上下流が逆、即ち上流側が細くて下流側が太くても同然です。何故そうなるのかの理由はよく分かりません。要するにこの種の実験はまだやるべき事がいくらかでもあるということです。