

乱雑音による2次元後流の乱雑化

佐藤 浩、齊藤博之助、中村 宏（ながれ研究集団）

The randomization of 2-dimensional wake by random noise

H Sato ,H.Saito and H.Nakamura

Institute of Flow Research

ABSTRACT

An experiment was carried out on the randomization process of a wake excited by random sound. The randomization is accelerated by random noise as well as by sinusoidal sound composed of 7 distinct frequencies. The elementary-wave analysis method was used for clarifying the details of randomization mechanism. The so-called random number based on the analysis is a good indication of the progress of randomization.

Key Words: two-dimensional wake, randomization process

0. はしがき

正弦波の音を使っての乱雑化の実験については過去2回に報告しました。今回は主として乱雑な音を使っての実験結果を報告します。使われた風洞は測定部断面が25 cm x 25 cmのもので、流れの中に巾が4 mmの金網を置いて、2次元の後流を作りました。音を送り込むために、測定部の横にラウドスピーカーを置きました。測定は単線の熱線風速計です。実験風速はすべ

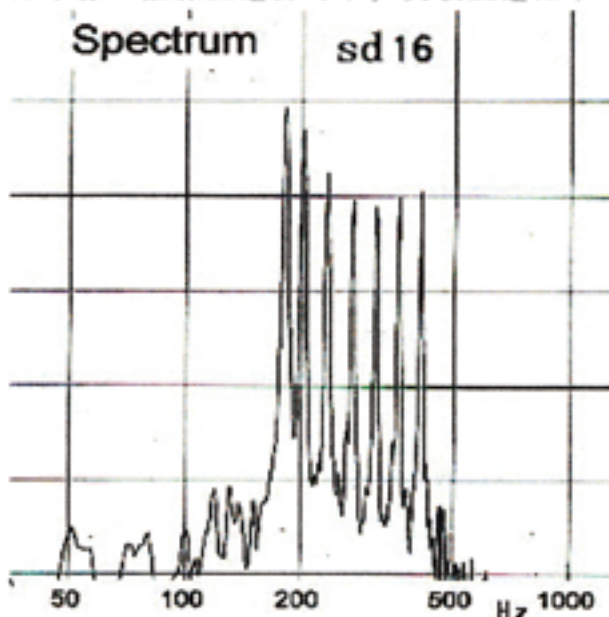
て4 m/sで、金網の巾を使って作られたレイノルズ数はほぼ1000です。

1. 音の種類

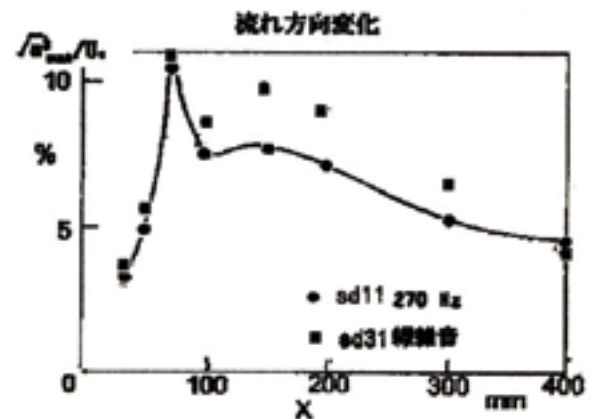
実験に使った音はほぼ4種類です。sd11は純粋な270 Hzの正弦波です。sd16は7つの正弦波を重ねたもので、乱雑な音に似ています。sd31は人工的に作られた270 Hzを中心とした乱雑音です。sd51は実際に乱流後流の信号を音にしたものです。

2. 流れ場

熱線で測られた速度変動のx方向への変



第1図 音sd16のスペクトル



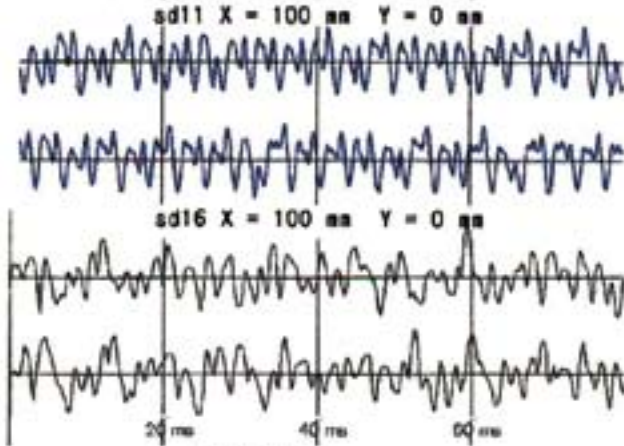
第2図

化を第2図に示します。x = 75 mmあたりまでは線型成長で、烈しく成長します。その後では減衰して、非線型干渉が始まり、乱雑化が進行します。x = 400 mmあた

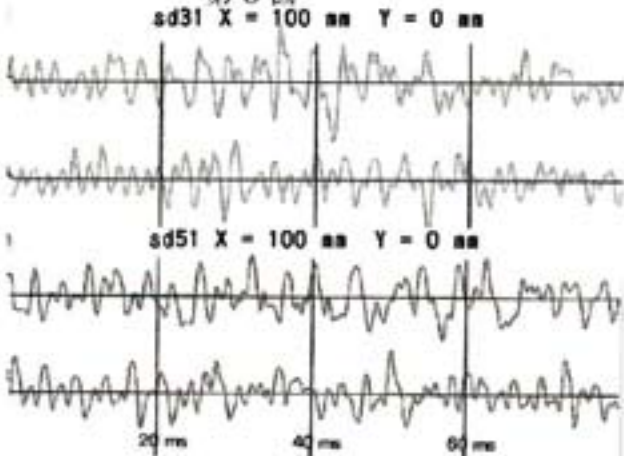
りで乱雑化は完成します。他の音でもこの傾向はあまり変わりません。

3. 変動波形

速度変動の波形を第3図と第4図に示しました。



第3図



第4図

x = 100 mmでの4種類の比較です。sd11では波形は殆ど周期的で、乱雑さはありません。その他の音では周期性と乱雑さが同居しています。乱雑な音で乱雑化が加速されていることが分かります。

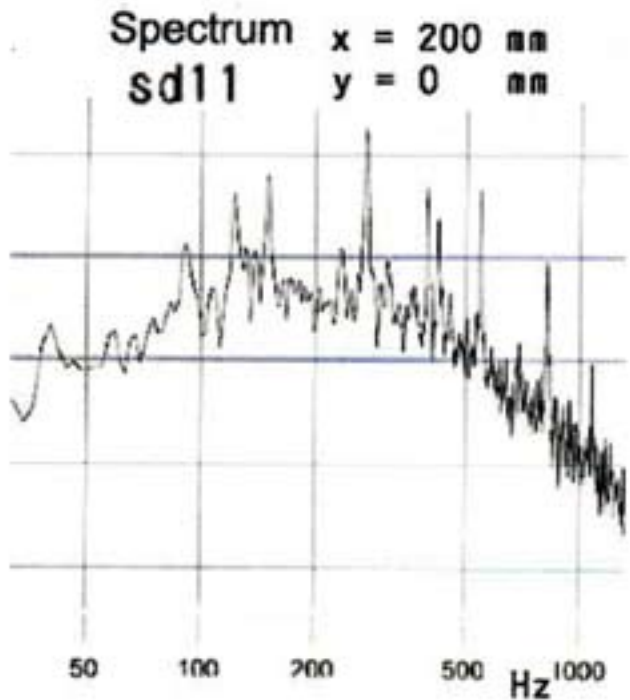
4. スペクトル

第5図はsd11でのx = 200 mmでのスペクトルです。まだ沢山の線スペクトルが残っています。それに比べてsd31の第6図では、ほぼ連続スペクトルで、乱雑化がすでに終了したことを物語っています。乱雑な音の効果がはっきりと分かります。sd51の場合も似たような結果を示しています。

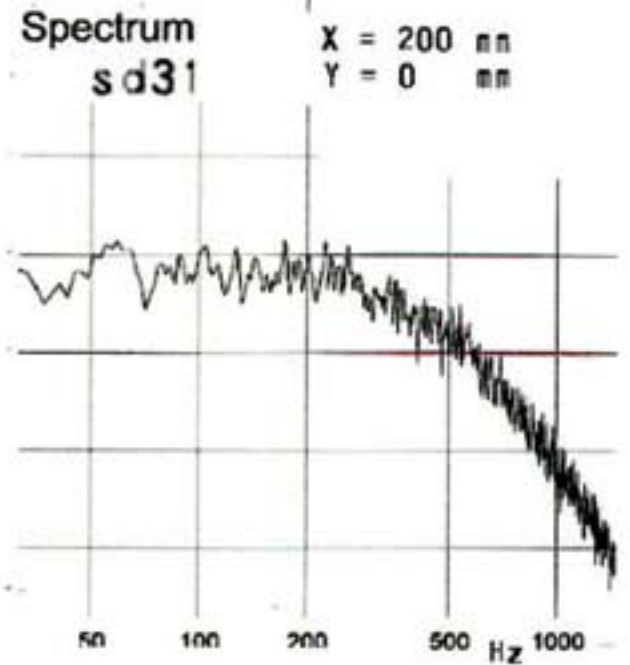
5. 素波分析

速度変動の性質を何よりも雄弁に物語る

のは波形です。しかし波形を眺めているだけでははっきりしたことは言えません。そこで我々が考えたのが素波分析の手法で

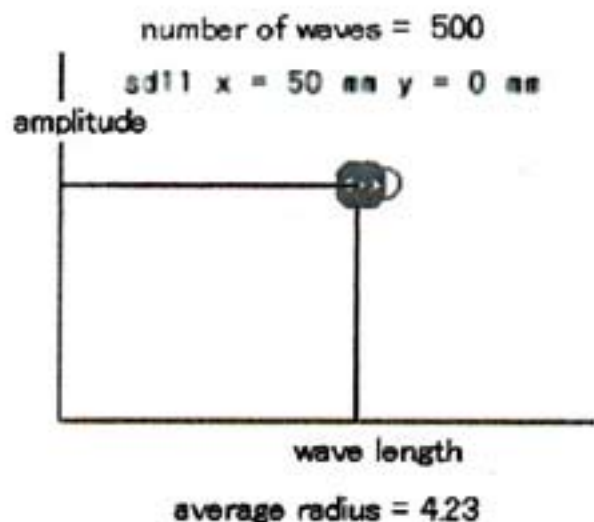


第5図



第6図

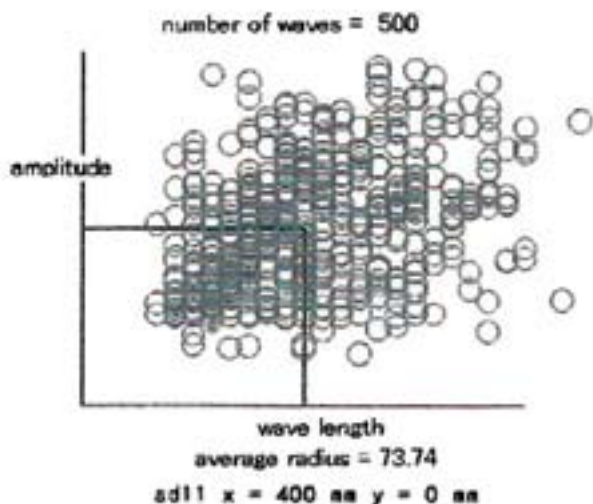
す。波形を一つずつ追いかけて、波長と振幅とを測定します。今の実験では400から500ほどの波形をパソコンで処理します。そして波長と振幅をそれぞれ平均し、



第7図

平均値でデータを割って、正規化します。その振幅と波形を両方の軸の上に小さな円で表します。また(1, 1)の点から各点までの距離を測り、それを平均し、100倍してその値を乱雑数と呼ぶことにします。

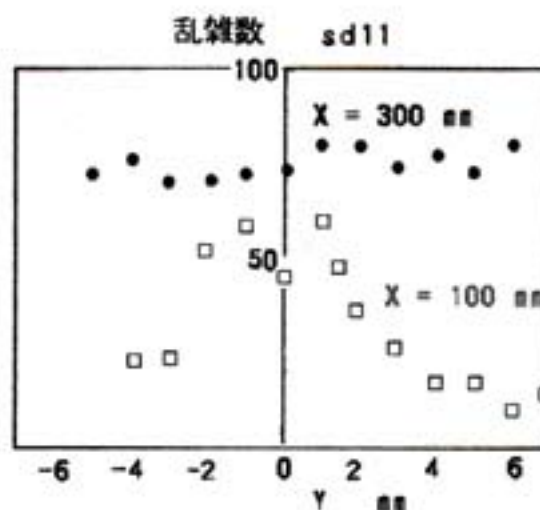
第7図は一つの例です。sd11という正弦波の音を送ると波形はそのままに維持されなす。その結果、小円はほぼ一点に集中しています。この重なりは500の小円の集まりです。乱雑化はこの重なった小



第8図

円の拡散という形で進行します。

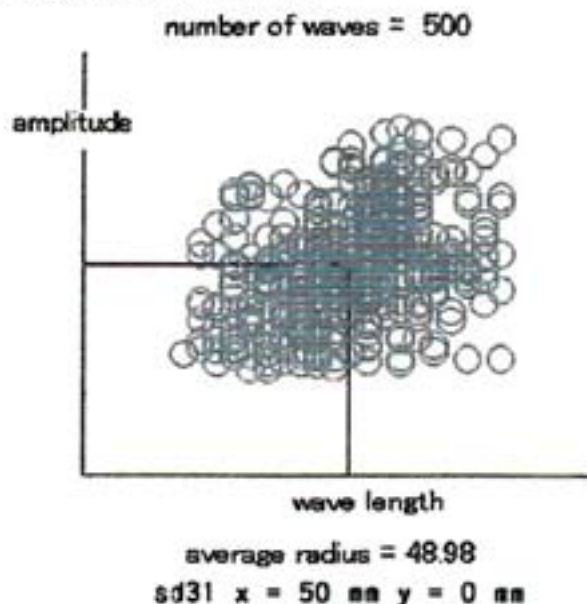
その一例が第8図です。小円が上下、左右に散らばっています。上下の散らばりはいわゆる振幅変調に相当し、左右のちらばりは、波長変調です。この図を見ると両方



第9図

の変調が同じように行われた、混合変調の形になっています。また平均半径は80近くになり、このxではほぼ乱雑化が終了したことを物語っています。

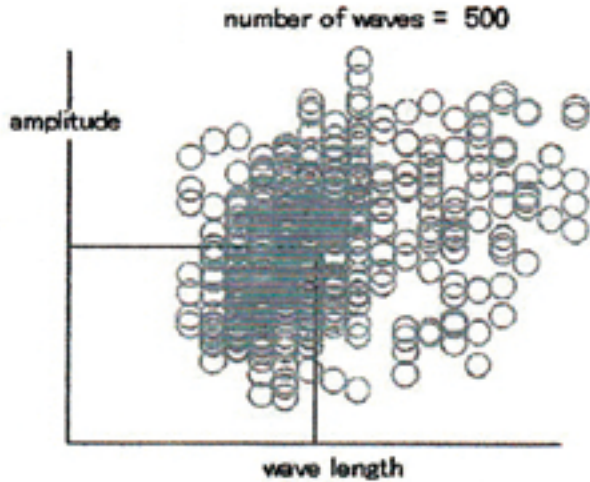
この乱雑数がどのように分布するかの一例が第9図に示されています。これを見るとxが小さいとき(100 mm)には中心線の付近で大きく、端の方で小さくなっています。しかし大きなx(300 mm)では分布が平坦になって、場所に無関係に乱雑化が進行しています。



第10図

第10図は乱雑音のsd31のもので、第7図と同じxですが、音が乱雑なので、小円の分布が可成り広がっていること

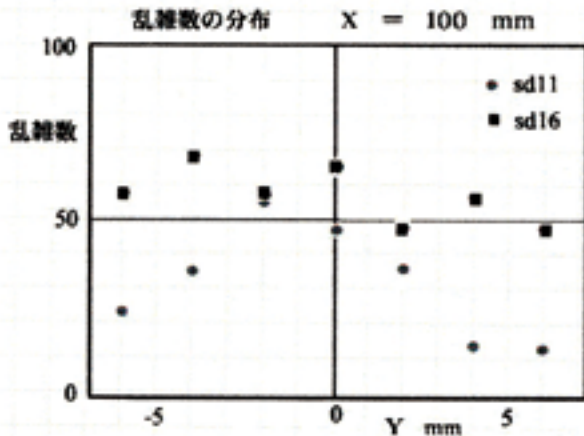
が窺えます。乱雑数は50近くになっています。これが乱雑音による乱雑化の初期条件です。この速度変動はそのまま成長して乱流になるのではなく、線型領域の選択的成長で変形します。



average radius = 64.56
sd31 x = 100 mm y = 0 mm

第 1 1 図

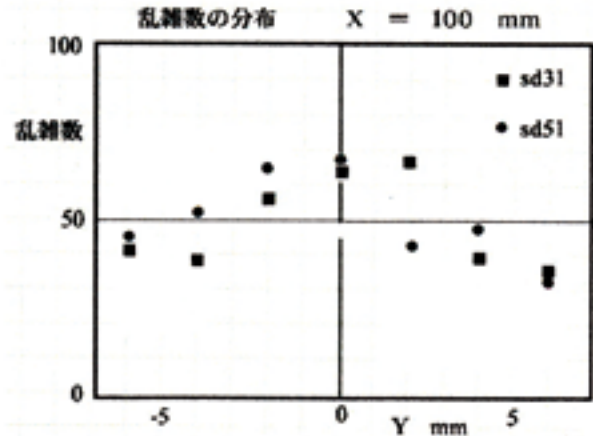
x = 100 mmでは散在図は第 1 1 図のようにやや広がり、乱雑数は60を超えて、乱流に近づいています。



第 1 2 図

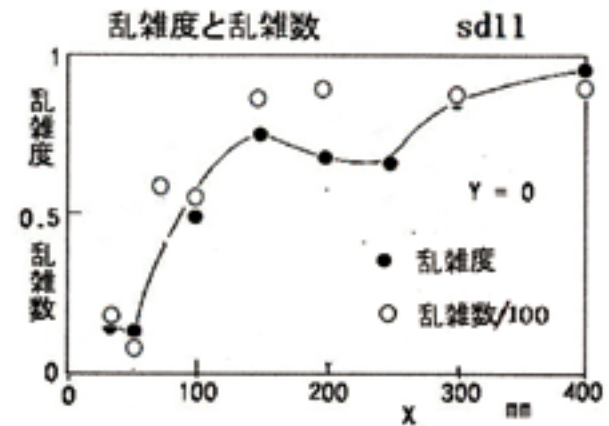
乱雑数の横方向の分布を見ましょう。第 1 2 図は正弦波音の時です。単音の sd 1 1 では中心で大きく、横の方で小さくなっていますが、7つの複音の sd 1 6 ではほぼ一定の分布になって、乱流に近づいていることが読み取れます。

乱雑音の場合が第 1 3 図です。sd 3 1



第 1 3 図

と sd 5 1 との間には殆ど差がありません。これは双方とも乱流に近づいていることをあらわしています。



第 1 4 図

最後に前の報告で定義された乱雑度と、ここで使われた乱雑数とを比較してみましょう。第 1 4 図はそれを表しています。乱雑度は秩序からの距離として表現されますから、乱雑音の時には使えません。単音の sd 1 1 の時だけに使えます。流れ方向への変化を示した第 1 4 図では乱雑度と乱雑数は平行に変化しているように見えます。乱雑数には幾らになれば乱流と言えるかという限界値がありませんが、図を見ると、乱雑数が80あたりで乱雑度が1に近づく、即ち乱流が出来上がっていることが窺えます

乱雑化は後流にだけ起こるものではありません。別の例として身体の中の癌の成長を考えると、自覚症状のない線形成長から、転移を伴う乱雑化にまで変わります。