

京大防災研究所 正員 宇民 正・上野鉄男

1. はじめに

流れの水平断面内の状況をトレーサ-法により次々と時間的に連続して写真撮影した。一つの水平断面内の流況を撮影すると、次にはそれより4mm上の水平断面内の流況を撮影するという様にして、4.1cmの水深の流路について4mm間隔で1/2秒毎に11枚の断面写真を得た。

撮影結果から、各断面内の流速ベクトルの分布を求め、それに基づいて各断面内の流線のパターンを求め、またこの流路に水素気泡法が適用されたとした場合に生じる水素気泡列のパターンを計算により求めた。これらの結果を検討することにより、乱流の三次元的な構造の実態ならびにそれが水素気泡列パターンにどのように反映するかを明らかにした。なお、実験条件は才27回水理講演会で発表したものと同一である。¹⁾

2. 流線のパターンの特徴と乱流の三次元構造

図-1(a),(b)はそれぞれ水路床面から1.5mmおよび5.5mmの水平断面における流況を並進系から見た場合の流線パターンを示している。これらの図とリわけ(a)図から、た円形状の流線パターンが顕著に認められ、水路床面近くでは水路床面とわずかな角度をもって流下方向に伸びている渦が並んでいく様子が伺える。

これらの流線パターンの中にある規則性を把握するために、パターンの中にある特異点(鞍形点)周辺のパターンを分類してみた。その特徴的なものをあげると図-2(a)~(c)のようである。すなわち、(a)は特異点の上流側に高速部、下流側に低速渦が生じる場合で、図-1(a)の(17.5cm, 5cm)の特異点、図-1(b)の(15.5cm, 10cm)の特異点がこれに相当する。図-2(b)は以上と逆に特異点の上流側に低速渦、下流側に高速部が生じる場合で、図-1(a)の(10cm, 5cm)の特異点、図-1(b)の(17.5cm, 4.5cm)の特異点がこれに相当する。また図-2(c)は1つの特異点において高速部は低速渦に、低速渦は高速部にそれぞれ遷移している例で、図-1(a)の $x=2\sim 9\text{cm}$ 、 $y=9\sim 13\text{cm}$ の範囲内にある特異点群がそれに相当する。

ところで、渦の形態として馬蹄型渦を考えると、馬蹄型渦と高速部あるいは低速渦の位置関係は図-3に概念的に示される様であるから、図-2の(a)~(c)に示される馬蹄型渦の配置はそれぞれ図-4(a)~(c)のようであると考えられる。一方、図-1の流線パターンと各断面での二次元発散の計算値と比較したところ、図-2(a)の特異点の周辺(図でいえば上下側)では二次元発散の値は負の大きな値を示しており、図(b)の特異点の上下側では正の大きな値を示していることが認められた。この傾向は流線パターンから判断しても肯ける。

以上のことを総合して考えると、図-2(a)の特異点の両側における二次元発散の負の大きな値はバースティング現象を意味しており、その三次元的な構造は図-4(a)のような馬蹄型渦の配列の下に生じると考えられる。一方図-2(b)の特異点の両側における二次元発散の正の大きな値は強い下降流の存在を意味していると考えられ、それは図-4(b)のような馬蹄型渦の配列の下に生じると考えられる。以上のことは低速渦における上昇流、高速部における下降流、特異点の両側における強い局所的な上昇流(バースティング)、ならびに特異点の両側における強い局所的な下降流の関係を示すと共に、それぞれは区別して捉えられるべき現象であることを示している。

3. 水素気泡法の気泡列パターン

図-5は計算により求められた水素気泡列のパターンであり、(a)は図-1(a)の断面内 $x=5\text{cm}$ の位置に横断方向に水素気泡発生用の電極をおいた時のタイムラインのパターン、(b)は同じ場合の流脈線のパターン、(c)は図-1(b)の断面内 $x=10\text{cm}$ の位置に電極をおいた場合のタイムラインのパターンのそれぞれ計算結果である。(a)のパターンの方が(c)のパターンに比べて低速渦におけるタイムラインの幅込みが深くなつ

てあり、同時に低速域の横断方向の間隔も小さくなっている。また(a)図の高速部において(b)図の流跡線は発散しており、一方(a)図の低速域域において(b)図の流跡線は収束している。これは高速部における下降流の存在と低速部における上昇流の存在を示している。また(a)図と(b)図の円形で囲んだ所は図-2(b)の特異点周辺の水素気泡パターンを示しており、実際においては急所的な下降流の存在が水素気泡パターンからも伺える。一方(b)図の円形で囲まれた部分は図-2(a)の特異点周辺の水素気泡列のパターンを示している。すなわちこれはバースティング周辺の水素気泡列のパターンである。

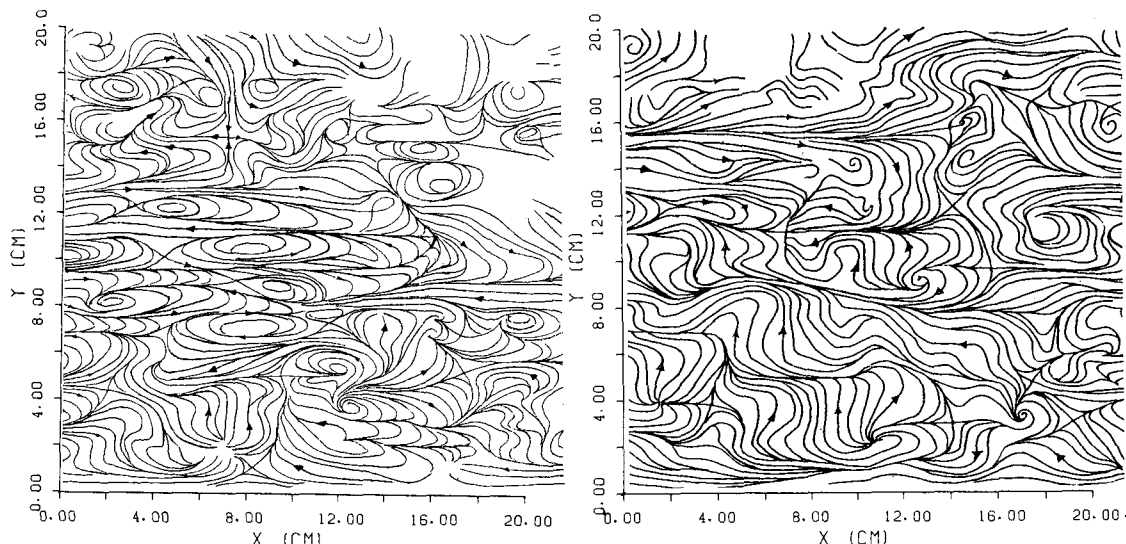


図-1 (a) 並進系から見た $Z=1.5\text{mm}$ 水平断面の流線パターン (b) 同じく $Z=5.5\text{mm}$ 水平断面の流線パターン



図-2 特異点付近の流線パターンの分類 (——高速部, - - - - - 低速部)

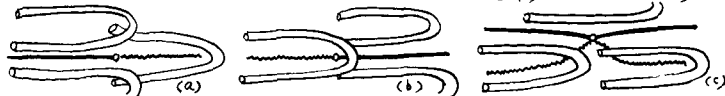


図-3 馬蹄型渦と高速部ならびに低速部の位置関係

図-4 図-2(a)~(c)の特異点に対する馬蹄型渦の配置の概念図

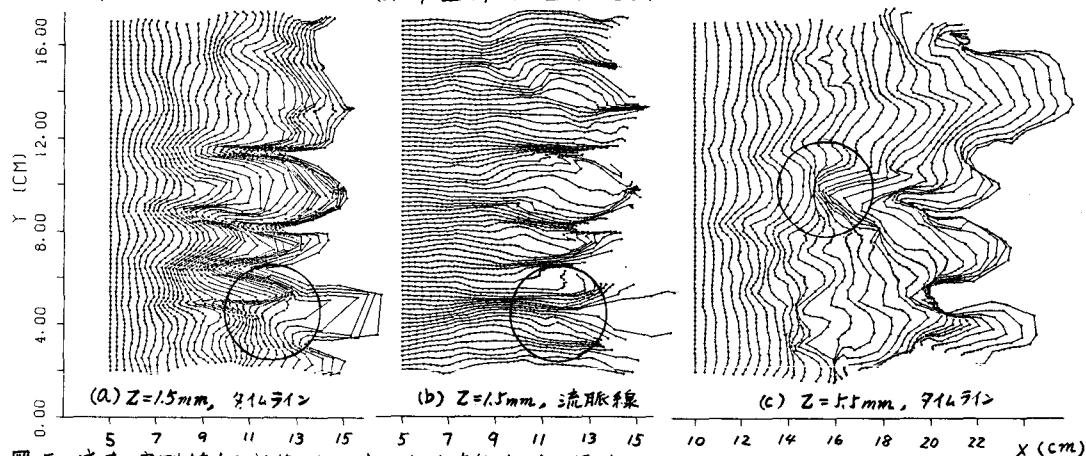


図-5 流速の実測値から計算によって求めた水素気泡法の気泡列パターン

参考文献 1) 宇民・上野: 才27回水理講演会論文集, 1983 2) 宇民・上野: 京大防災研年報 才19号B, 才20号B, 1976, 1977