

信州大学工学部 (正) 余越 正一郎
信州大学大学院 (学) 〇大坪 国順

1. まえびき

開水路流れの乱流構造を支配する最大乱子の形状と、レイノルズ応力の特性を明らかにするための測定を行う。開水路鉛直乱流場は、自由水面の存在のために、普通の乱流境界層と要ばり、最大流速の降下や水面にみられる“湧き上がり”の現象が顕著である。このような乱流場を支配するレイノルズ応力は、最大乱子によって維持されている。最大乱子の特性はランダムではないことは、最近の visualization や conditional averaging の手法による研究からも、明らかであるが、これに関して、著者らも、すでに、円形渦管モデルを提案している¹⁾。この円形渦管モデルによって、鉛直乱流場の特性がすべて説明できるというわけではないが、いろいろとことばよく説明できるのは事実である。円形渦管モデルの概略を次に説明する。

底面境界層の発達により蓄積され大きくなる $\partial U / \partial z$ が、 y 方向の軸を持つ渦管によって解放される。この渦管は $\partial U / \partial y$ の不均一のために、一部がめくれ上り、円形渦管となり、レイノルズ応力を生成する。すばわさ、鉛直乱流場は、一定のストローハル数のもとに、境界層発達—渦管による緊張緩和のプロセスを繰り返している。

生成される円形渦管は、ジオ・サバールの法則に従い主流の影響を受けて流下方向に傾いて発達してゆく (vortex stretching)。その間、図-1 のように狭い範囲での斜め上向きの強い“噴き出し”とそれに続く、周辺へのゆるやかな“分散”をともなっている。前者がレイノルズ応力 $-\overline{uw}$ に最も寄与するところの、 $u < 0, w > 0$ の減速流・ejection であり、後者は、 $u > 0, w < 0$ の加速流・sweep である。循環流 ejection—sweep は、円形渦管の寿命時間が終わるまで継続する。渦管循環流が水面に達し、もた“湧き上がり”である。

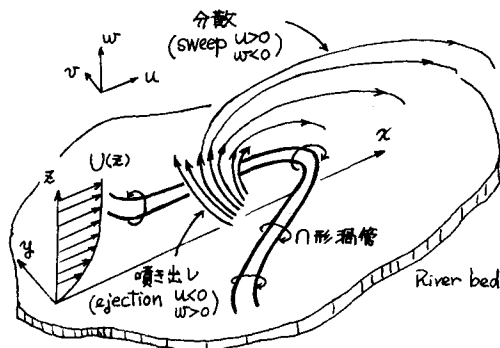


図-1. 円形渦管モデルの概念図

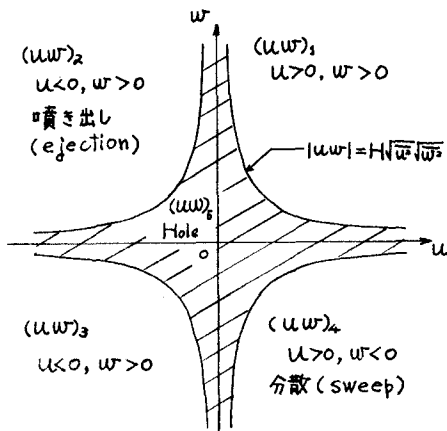


図-2. レイノルズ応力の負担区分

2. 観測の目的と解析方法

水深にくらべて、水路幅が充分大きくはないう流れでは、最大平均流速は、側壁の影響を受けて、水面より幾分下にある。

この現象は上述の円形渦管では、まだ説明ができてはいない。本文は、レイノルズ応力の構造の研究から、水面境界層域を含む最大乱子の特性を明らかにしようとする試みの一環である。スペクトル解析のように、何でもいっしょにして平均してしまいうやり方は、中間乱子カスケード領域の統計的特性の研究には便利であるが、最大乱子によるレイノルズ応力の特性を調べるさいには不適当である。

ここでは、図-2 のように、レイノルズ応力 $-\overline{uw}$ の負担区分を考える。そのために次のよう計算をする。 $|uw| < H\sqrt{u^2 + w^2}$ のときは、Hole へ、 $|uw| > H\sqrt{u^2 + w^2}$ のときは、 u, w の符号の正負によって、4つの象限へ分類し

$$\sum_{i=1}^5 n_i = N, \quad \sum_{i=1}^5 (\widetilde{uwr})^i / \widetilde{uwr} = 1,$$

$$\sum_{i=1}^5 n_i = N, \quad \sum_{i=1}^5 (\widetilde{uwr})^i / \widetilde{uwr} = 1,$$

測定は図-3に示す用水路に

果の内へ部を、 $(uw)_1$ と $(uw)_2$ をHの関数として、図-3に示す。図-3から推測されることは、噴き出しの現象を表す $(uw)_2$ が全般的に値が大きく、HK対してすそが長い。分岐現象を表す $(uw)_1$ はHの小さい値では大きな値を示すが、すそは短い。

これらのことは、各現象の間欠性、強さはどこに関連していると思われる。壁面近くでは、 $\langle u w \rangle_4$ が $\langle u w \rangle_2$ と同程度、もしくは少し大きな値を示し、分散現象が強いことがわかる。その他、水面近くにおいて、 $\langle u w \rangle_3$ が $\langle u w \rangle_1$ より大きな値を示しているが、円形渦管モデルでは、うまく説明できない。今回試みK解析からは、得られる情報が少なく、乱れの構造解析には、余り適した方法ではない。今後は、もっと時間的変化を考慮に入れK conditional sampling手法による研究が必要であろう。

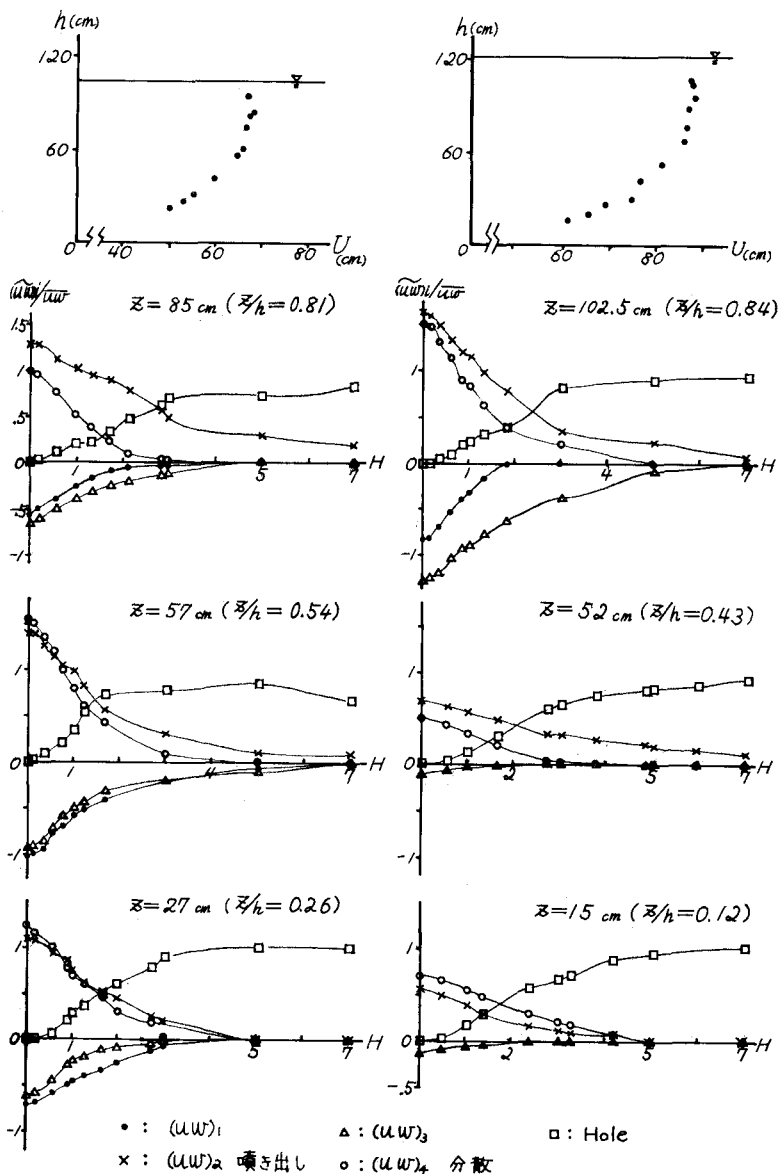
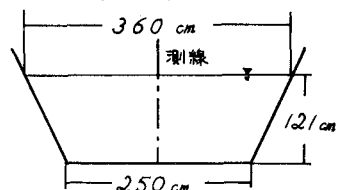
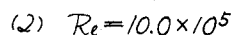


図-3 観測の結果

参考文献

石原・余越：京大防災研年報，13B（昭45.3），323. 余越：信大工紀要，30号，（昭46.7）