

信州大学工学部 (正) 余越 正一郎
信州大学大学院 (学) 中沢 一博

1. まえがき.

開水路乱流において特徴的な自由水面近傍に注目して、その乱流構造、特にレイノルズ応力の分布をフロペラ式流速計による現地観測から明らかにしようとするものである。実験用開水路における最近の研究、たとえば Hansen (1972) の Lagrange 流、Holley (1970) の Euler 流の測定結果をみても、自由水面近傍が他の領域にくらべて特に変わった乱流特性を示しているようにはみえない。しかし、河床領域から発達した U 形渦管に起因するいわゆるボイルに相当する最大乱子の特性は、円洞境界層のスーパーレイヤの特性などとも異なるもののように思われる。Ellison は自由水面にもカルマン定数に相当する混合定数を導入しているが、混合特性が局所量によって決まるとしているところがおかしい。これらの点を明白にするには、乱流度の大きな現地水路を測定対象にえらび、さらに現地乱流観測に最も便利なフロペラ式流速計を使用するのが賢明と考えた。

フロペラ流速計を用いてレイノルズ応力を測定する方法は大きく分けて2つに分類される。

2. 1個の流速計によるレイノルズ応力の測定.

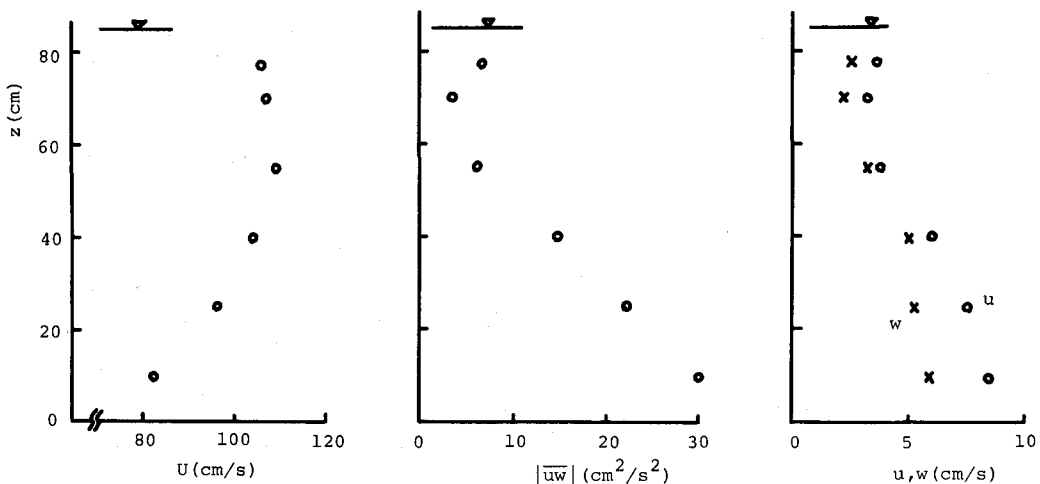
Fujita and Kovasznay が熱線流速計で、乱子速度が乱子通過速度より充分大きい場合に用いた方法である。方向特性 $f(\alpha)$ の流速計が迎角 α のとき検出する乱子速度は、 $g(\alpha) = df/d\alpha$ 、 $f(0) = 1$ として、

$$\langle [\Delta u_{\text{eff}}(\alpha_0)]^2 \rangle \approx \langle u^2 \rangle f^2(\alpha_0) - 2\langle uw \rangle f(\alpha_0) g(\alpha_0) + \langle w^2 \rangle g^2(\alpha_0),$$

であるから、3種類の迎角で測定を行えば、 $\langle u^2 \rangle$ 、 $\langle w^2 \rangle$ 、 $\langle uw \rangle$ を求めることが可能である。

直径 13 cm の発電式フロペラ流速計を用いて、巾約 4 m、水深 85 cm の用水路で測定した結果の1例を下に示す¹⁾。また、直径 1.3 cm の小型フロペラ流速計による測定に関してはすでに発表した²⁾。

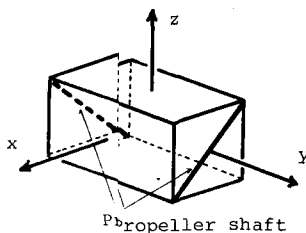
この方法は流速計や周波数計などが一式ですむという長所がある反面、スペクトルに関する情報がえられない。また、レイノルズ応力に寄与する最大乱子の特性を正確に測定するには普通でも長時間の観測が必要なのに、この方法では少なくともその3倍の観測時間を必要とするという短所がある。



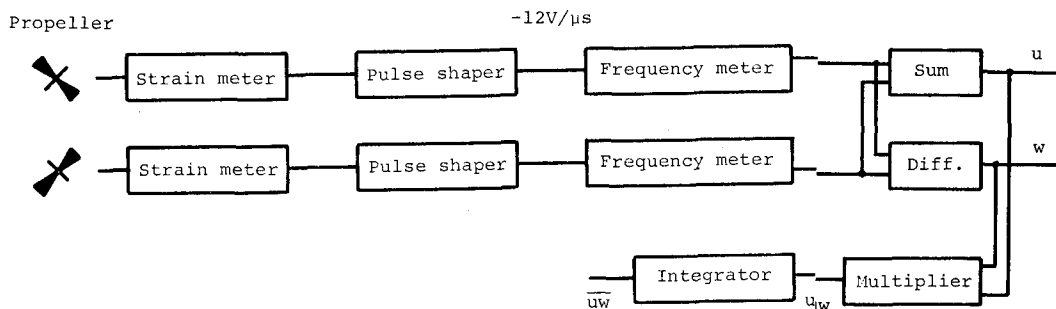
3. 2個の流速計によるレイノルズ応力の測定

これは熱線流速計におけるX-probeに相当するものである。レイノルズ応力の測定に際しては、そのスペクトル特性を明らかにしなければならないが、そのためには2つのフロペラ流速計の軸をX形に配置して同時測定を行うのがよい。

使用する流速計は、フロペラの回転に応じて生じるフロペラ翼と電極間のインピーダンスの変化で搬送波を変調する方式のものである。フロペラ直径は8mm、1回転で4個のパルスが発生し、パルス周波数 n と流速値 v との間には、 $v = 0.59n + 3.7$ (cm/s)なる関係がある。フロペラの配置方法はいろいろあるが、水面近傍の測定には下図のようにするのがよい(主流方向がX、横断方向がY)。この配置によると、水面波がなければ水面下1cmでの測定も可能である。



搬送波の発振や、変調波の復調、増中、検波などは動ひずみ計を用いた。動ひずみ計からの信号は波形整形して立下りのよい(-12V/ μ s)信号パルスにして周波数計へ送る。ここで使用した周波数計は1パルス毎にパルス周期を測定して、その逆数に比例した電圧を演算指示する方式のものである。したがって、充放電形の周波数計のように低周波でのリップルも全くない。レイノルズ応力測定用のブロック図を下に示す。



この方法で、巾約4m、水深1.3mの用水路で水面下2cmからレイノルズ応力の測定に成功した。

4. 流速計によるスペクトルの高周波切断

フロペラ式流速計を2個配置して現地観測する時、時定数、フロペラ直径、2個のフロペラ間距離にもとづくスペクトルの切断が生じるが、レイノルズ応力に寄与する乱子は充分大きいのでその心配はない。³⁾

1) 中村康一：南水路におけるレイノルズ応力の測定に関する研究，信大工卒論（昭48.3）

2) 余越，中沢：フロペラ流速計によるレイノルズ応力の測定，土木学会中部支部研究発表会（昭48.2）

3) 余越：南水路乱流場と測器の特性，信大工紀要 30号（昭46.7）