

早稲田大学 大学院 学生員 古川 恵太
早稲田大学 大学院 学生員 萩原 義孝
早稲田大学 理工学部 正 員 吉川 秀夫

1. はじめに 水深が漸増する水路において、底面せん断力の算定は、内部境界層に着目することにより可能となる。[1] しかし、境界値の設定は容易でなく、又、流れ全体の構造も便宜的に分割されているのみである。そこで、本論文では、渦度を流れの構造を見る指標とし、非一様勾配開水路における流れを、再考する。

2. 実験概要 水路は、長さ 5m 幅 15cm のアクリル製長方形断面開水路を用い、水路床は、粗度として、径 1.6cm のビニール玉を密に配したベニア板で、上流勾配 0.01、下流勾配 0.08 をなめらかに接続する様、水路内に組み込んだ。

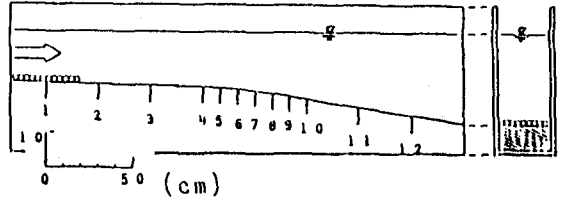
（図 1） 実験条件は、表 1 に示す通りで、測定は、径 3mm のプロペラ流速計を用い、主流速を、深さ方向に 0.5-2.0cm ピッチ、流下方向に 10-30cm ピッチで測定した。

3. 実験結果 主流速の横断方向の変化は、側壁より約 5cm の所で一様化しており、以下の解析は、水路中央断面における二次元で行うものとする。水路中央における主流速及び渦度の分布を図 2.3 にしめす。主流速は、station 3 以降で極大値を持つ特異な形状を示しており、渦度については、station 1 における分布型が、流下方向に変化する様子が現れている。

4. 渦度について station 1 における渦度分布を、渦度の極大値及び半値幅で無次元化すると、図 4 の様に整理される。図中破線で示したのは、二次元噴流の分布より求めた渦度を同様に無次元化したものである。両者はよく一致していることから、渦の発生点近傍の渦度分布式を、式（1）の様に規格化する。

$$\omega^* = 4 e^{-(2-4Z^*)} Z^{*2} \quad (1)$$

ただし、 ω^* 、 Z^* は、それぞれ渦度と発生点からの距離を無次元化した量である。式（1）は、渦の発生・成長・減衰



Station No.	1	2	3	4
X (cm)	100	130	160	190
λ	0.010			0.014
Station No.	5	6	7	8
X (cm)	200	210	220	230
λ	0.023	0.036	0.055	0.066
Station No.	9	10	11	12
X (cm)	240	250	280	310
λ	0.076			

図 1：実験装置概要

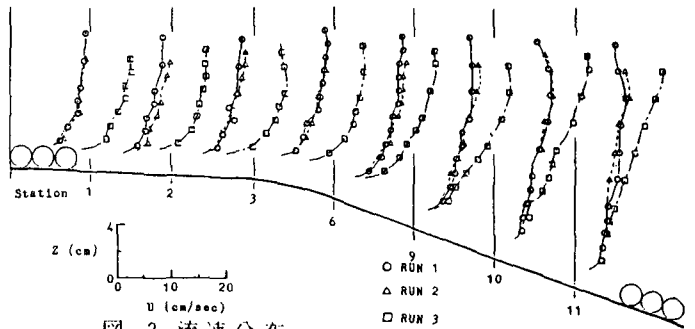


図 2 流速分布

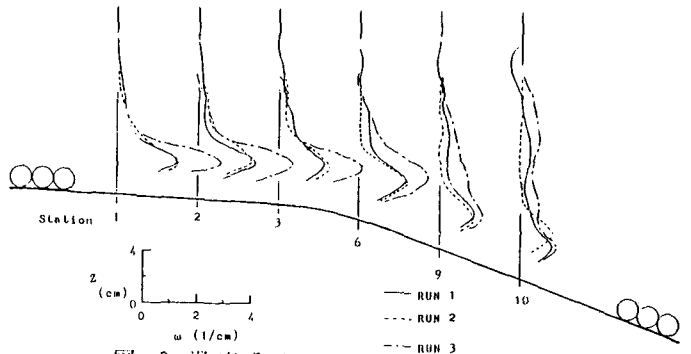


図 3 渦度分布

の機構を説明している訳ではなく、あくまで、近似的な定量化である。これを用いて、図 3 に示した分布型を近似したときの渦度の極大値を $\omega_{\max}$ として、流下方向に対する変化をみると、図 6 の様になる。図 5 には、流速分布より対数則を適合させて求めた、底面せん断力の流下方向に対する変化をしめす。両者の変化を比較すると、定性的な対応が存在すると思われる。これより、渦度の底面近傍の分布は、底面せん断力に強く支配されていることが判るが、上部に現れる分布型については、未解決であり、渦度の測定が、流下方向に対して粗いステップで行われていること等から、今後更に詳細な検討を進めていく予定である。

5. $\omega - \psi$ 解析について 渦度分布の変形機構を説明するため、各種の渦度分布を仮定して、 $\omega - \psi$ 解析により、流速分布の比較を行った。RUN 1 についての解析例を、図 7 に示す。プロットは、実測値であり、破線は図 8-A に示す渦度分布〔式（1）〕を与えた結果、実線は、Station 3 以降において、図 8-B で示す渦度分布を重ねあわせて計算した結果である。これらの結果より、図 8-B で与えた渦度分布が下流部に生ずる流速分布の変曲点・極大点を、生成していることが判る。

6. おわりに 本論文で得られた主要な結論として、
- （1）渦度分布を理想化して表すことができた。
 - （2）流れ全体は、理想化された渦度分布の重ね合わせによって再現された。

ことなどが挙げられる。

〈文献〔1〕：第31回水講 非一様勾配水路における境界層の発達に関する研究 古川・萩原・吉川・関根〉

表1：実験条件

	RUN 1	RUN 2	RUN 3
Q (cm ³ /sec)	1850	1650	2370
Fr (St.4)	0.11	0.18	0.20
Re	12400	11200	15800

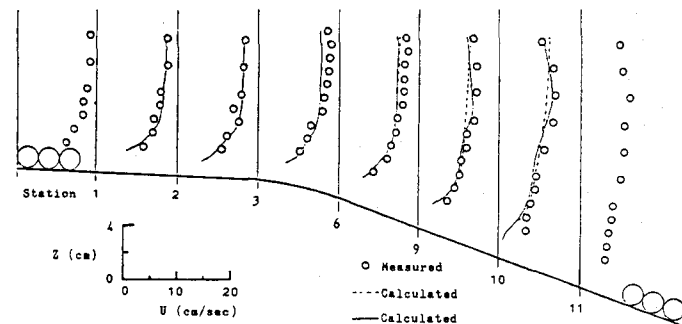


図 7 $\omega - \psi$ 解析結果

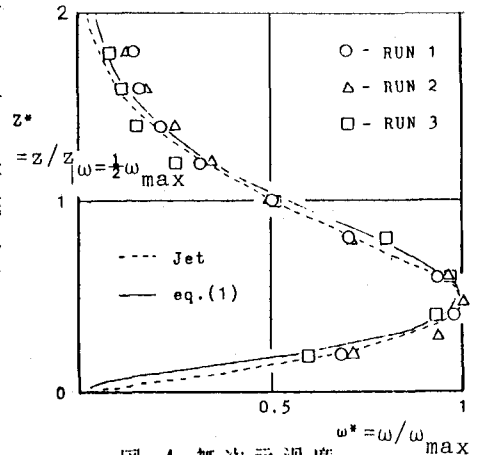


図 4 無次元渦度

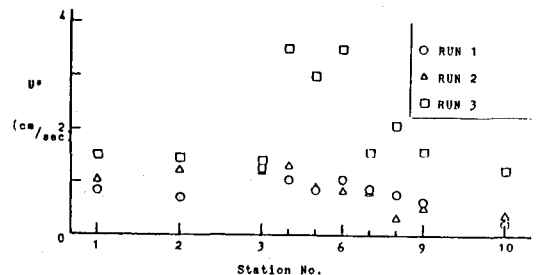


図 5 せん断力流下方向分布

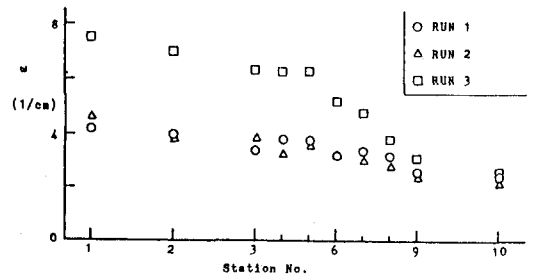


図 6 $\omega_{\max}$ 流下方向分布

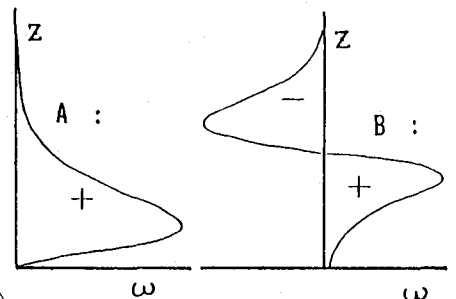


図 8 渦度初期値概念図