

大阪産業大学工学部 正員 室田 明
 大阪産業大学工学部 正員 宮島 昌弘
 大阪産業大学大学院 学生員 ○津田 宏

1. はじめに

著者らはこれまで、急勾配を流下する転波列を伴う流れについて、平均流や流速分布そして波動特性さらには流れの可視化手法を通じて、いくつかの知見を得てきた。^{1), 2), 3)} それらをマクロに見ると、つまるところ、波動としてkinematic-waveとsurgeの特性を合わせ持っている。そして一方、流れをミクロに見ると、水位変動と流体粒子流速との間には密接な関係がある、と言えるものである。

本研究では、実験条件としてレイノルズ数を変化させて行った実験結果および水位変動と流速変動の関係について興味ある知見が得られたのでそれを報告する。

2. 実験条件

実験は水路勾配1/10, 1/16 の2勾配, 5流量と水位・流速変動の関係を調べるために別に1実験を行った。実験条件を表-1に示す。転波列による水面変動は超音波水位計を、周期はビデオ観測、そして流速および流速変動は、レーザー・ドップラー流速計を用いて測定した。（実験水路長5.0m, 幅 B=0.2m）

3. 実験結果と検討

(1) 平均流速分布 図-1に水路床上 1.5mm 程度から 0.5mmピッチで測定して得られた平均流速分布（水路勾配1/10の場合）の無次元表示を示す。縦軸に（水路床から測定位置までの距離 z ）/（平均水深 h_0 ）を、横軸には実測流速を h_0 位置の実測流速相当で割った u/u_{h_0} ととってある。ここに、 $h_0 = (h_{\max} + h_{\min})/2$ である。図中の曲線は、流量1 (l/sec)での対数則分布曲線である。この図から、今回の実験範囲のような比較的低いレイノルズ数条件でも完全に発達した乱流の対数則分布に近似した流速分布を示していることが判る。しかしながら、もう少し細かく見ると、流速分布は平均水深 h_0 以下の所では対数則より少しやせ型に、 h_0 を越えると対数則相当部分より膨らむような傾向を示している。このことは転波列を伴う流れの平均流速場の特徴を示しているようで興味深い。つまり非常に浅い水深規模ではあるが壁面を直接感知している領域とそうでない領域が存在し、これらの相互作用の結果が出現していると考えられる。

(2) 転波列の周期性 図-2は、縦軸に平均流速 U_0 と水路幅Bを用いたストローハル数Stの逆数、横軸にレイノルズ数を示したものである。これから、本実験での転波列は、レイノルズ数に応じた周期性が存在することが示される。これは転波列内部の完全に発達した乱流対数則に近似した平均流速分布を示す実験結

表-1 実験条件

RUN NO.	勾配 S	流量 Q (l/s)	平均水深 h_0 (mm)	フroude 数 Fr	レイノルズ 数 Re
1	1/10.1	0.298	2.9	3.0	1300
2	1/10.1	0.496	3.7	3.6	2200
3	1/10.1	0.691	3.8	4.8	3100
4	1/10.1	1.012	4.6	5.1	4500
5	1/10.1	1.235	4.4	6.7	5500
6	1/16.0	0.288	2.9	3.0	1300
7	1/16.0	0.532	3.5	4.2	2500
8	1/16.0	0.712	3.8	4.9	3300
9	1/16.0	1.085	5.2	4.7	5100
10	1/16.0	1.185	5.3	4.9	6000
11	1/10.2	1.045	4.5	5.5	3900

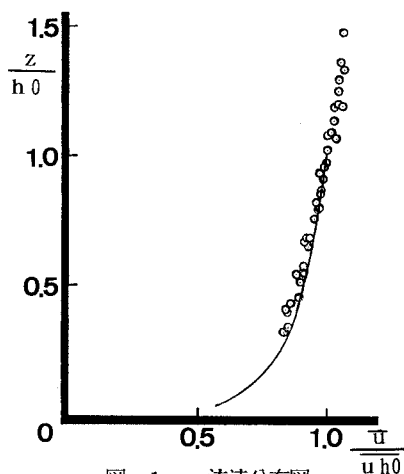


図-1 流速分布図

果からは想像しにくいことである。このことはつまり、転波列の周期性は、転波列発生初期に起因したものであることを窺わせ、この初期に発生した不安定が転波列といういわば安定した波動となって流下していくと考えることができるようにも思われる。

(3) 水位変動と流速変動の関係 以下に、水路勾配 $1/10$ 、流量 1.0 l/sec 、流速測定位置が水路床から 1.5 mm の位置で測定して得られた水位変動、流速変動の整理結果を示す。縦軸に相関係数、横軸はいわゆるずらし時間 τ をとってある。使用したデータはサンプリングタイム 0.01 sec で 1024 個である。図-3 は水位変動の自己相関係数を示したものである。ここでは水位変動が顕著な周期性を示していること、変動周期が $0.6\text{--}0.7 \text{ sec}$ であることが見て取れる。図-4 には水位変動と同時測定した流速変動の自己相関係数を示す。ここでも顕著な周期性を示しており、周期性、変動周期が水位変動パターンとほとんど一致したパターンが示されていることが判る。そこで水位と流速変動の相互相関を示したのが図-5 である。縦軸に相互相関を水位・流速の自己相関 $\sqrt{Ch(0) \cdot Cu(0)}$ で無次元化してある。この結果は水位変動と流速変動の時系列パターンがまったく一致していることを示しているもので、水位・流速変動の強い相互関係が明確にされた。これまでの知見から物理的には水深が大きいと流速が早く水深が小さいと流速が遅いことに対応していることになる。なお $\tau=0 \text{ sec}$ で 0.5 程度の相互相関係数の値は激しい流速変動を考慮するとこの程度であろうと推察される。

4. 結語

本実験では、転波列を伴う流れの流速分布は比較的低いレイノルズ数範囲にも関わらず対数則分布に近似している。転波列の周期性はレイノルズ数に応じたストローハル数で表現しえる。そして、水位変動と流速変動の間には非常に強い相関関係が存在することが判った。今後さらに詳細な水位・流速に関する変動特性について検討を進めて行きたいと考えている。

(参考文献)

- 1) 室田, 宮島 : 超高速流の内部構造に関する実験的研究(主として平均流と波動特性について), 水工学論文集, 1993年 2月
- 2) 室田, 宮島ほか: 超高速流の内部構造に関する実験的研究(主として流速分布について), 支部年講, 1993, 5月
- 3) 室田, 宮島ほか: 超高速流の内部構造に関する実験的研究(可視化結果例について), 関西支部年講, 1993, 5月

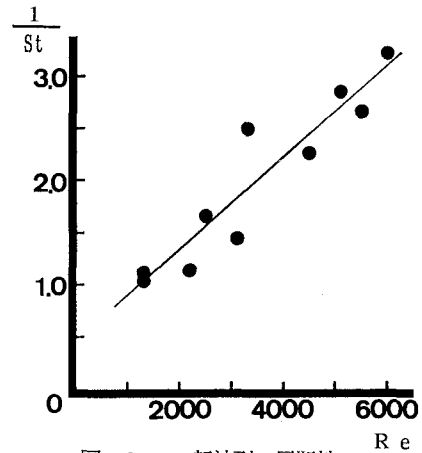


図-2 転波列の周期性

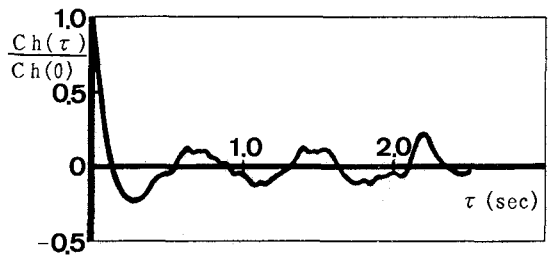


図-3 水位変動の自己相関係数

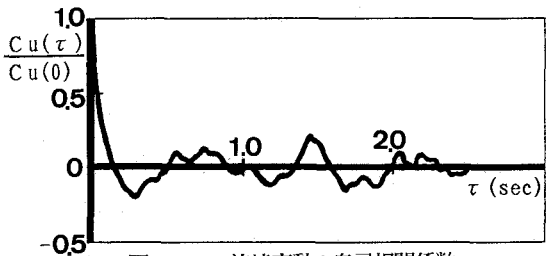


図-4 流速変動の自己相関係数

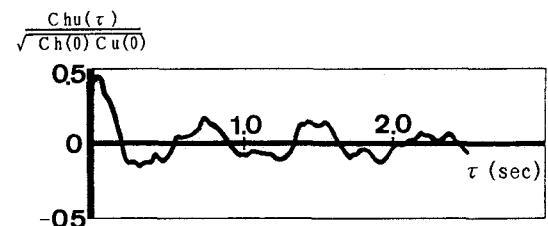


図-5 水位・流速変動の相互相関係数