

II-211 超高速流の内部構造に関する実験的研究（乱れの分布特性について）

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 府 正員 津田 宏

1. はじめに

これまでの転波列を伴う流れに関して、著者らの実測・検討の結果が示すものは、転波列の流れが見かけ上対数則平均流速分布に近似し、波列と言うより流体粒子流れの非常に卓越した流れ場が形成されており、流れを特徴づける3つの領域が存在しているようである。といったものである。¹⁾ この領域に関しては、水位変動と主流速とが強くマッチングしていることを用いて、²⁾ 水深変化に関する平均的な主流速・主流速変動についての1次元的な考察について、現在検討を進めているところである。³⁾

本研究は、転波列流れの水深変化に伴う乱れについて、2次元的なアプローチを試み、主流速 u 、主流に垂直な流速 v およびレイノルズ応力がどのような挙動や特性を示すのかを調べたものである。そして水深変化に伴う非常に特徴的な乱れ分布に関する知見が得られたのでこれについて報告する。

2. 実験方法と条件

実験は、長さ5m、幅20cmの亚克力製可変勾配水路を用い、測定位置は、水路上流端より3.9m下流とした。測定は水深方向に、水路床より1mm上方位置を中心に計6点とした。水面変動は超音波水位計を、流速及び流速変動は2次元レーザー・ドップラ流速計を用いて測定した。なお、実験条件を表-1に示す。

3. 実験結果と検討

(1) 平均的な乱れ強度分布

図-1は、平均的な乱れ強さについて示したものである。縦軸に乱れ強度($U_x = \sqrt{gh\sigma}$ で無次元化したもの)、横軸に平均水深 h_0 で無次元化した z/h_0 をとってある。図中の曲線は福津の普遍関数表示である。この図からは、 u_{rms} 、 v_{rms} ともに見かけの上では、通常の開水路乱れ特性分布に類似した傾向が示されているように思われる。しかしながら転波列を伴う流れは、激しい水深変動と転波列フロント前後での水深規模もある不連続な水位差を伴っているため、これらの実測結果は少し奇異に思われる。そこでこれら水深変化に伴う内部的な乱れ挙動についての考察を、水路床から1mm上方位置で得られた u 、 v に関する結果について以下に述べる。

(2) 水位変化と主流流速

図-2は、水位と流速の関係を示したものである。縦軸は流速、横軸は変化する水位である。水位が増大するに伴い流速も大きくなる傾向が示されている。ここでは、平均流速 $U_0(t)$ を水深 $h(t)$ のべき関数として図中に示しておく。比較的乱れが大きく、相対乱れ強度 $u'/U_0(t)$ も12%程度となっている。

(3) 水位変化と u の乱れ

図-3は、縦軸に $U_0(t)$ と測定流速 u の偏差 u' の絶対値を $U_0(t)$ で無次元化したもの、横軸には変動水深 $h(t)$ を測

表-1 実験条件

勾配 S	流量 Q (l/s)	平均水深 h_0 (mm)	フルード数 Fr	レイノルズ数 Re
1/10.3	1.008	5.2	4.3	3900
最大水深：7.4mm, 最小水深：3.0mm				

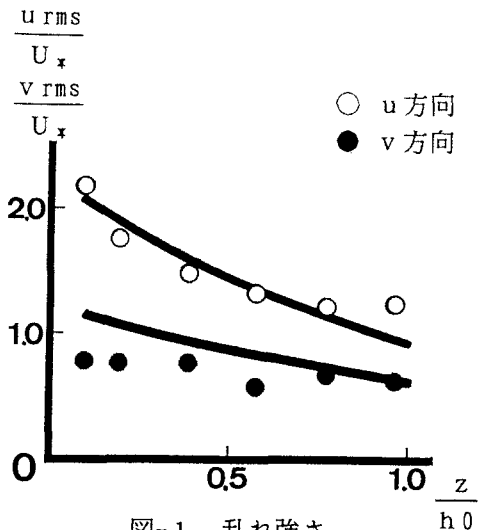


図-1 乱れ強さ

定位置 z で無次元化したものを示した。特徴的な三角型の流速変動データの散布形状が示されている。ここで最小水深・平均水深・最大水深のそれぞれの中間点を境界として3つの領域に区分してみる。これらの領域での相対乱れ強度を計算してみると、小さい水深領域からそれぞれ10.1%, 12.3%, 10.3% 程度となっており、水深が非常に小さい流れ場での水位・流速変動の特性が示されていると考えられる。領域でのレイノルズ数はそれぞれ2800, 3900, 5400程度と考えられ、最大水深領域の転波列フロント部においては、比較的大きな乱れの発生と発達、平均水深領域では活発な乱れの持続が、最小水深領域での乱れは、レイノルズ数の効果あるいは水面・水路床といった境界面の効果のため抑制され、急速な乱れ強さの減少が示されていると考えられる。ここに ν は動粘性係数である。

(4) 水位変化と v の乱れ

図-4 は v の乱れを、縦軸に測定流速 v の偏差 v' の絶対値を $U_0(t)$ で無次元化したもの、横軸は上述と同様 $h(t)/z$ で示したものである。三角型の分布形状など先の議論がそのまま当てはまるようである。上述した領域での相対乱れ強度を計算してみると、最小水位領域では3.7%, 平均水位で6.4%, 最大水位では5.4%程度となっている。水深が非常に小さい場での効果が、特に v に顕著に示されているように思われる。

(5) 水位変化とレイノルズ応力

図-5 には縦軸に $-u'v'/U_0(t)^2$ 、横軸に $h(t)/z$ で整理した水位変化に伴うレイノルズ応力分布を示した。これまで示された中央ピーク型の分布傾向とは若干異なり、設定した平均水深領域と最大水深領域の境界付近の所にピークが移っているように見られる。これは乱れの生産に関わる発生・発達が最大水深領域で行われ、平均・最小水深領域での乱れの急速な減衰傾向が示されているものと考えられる。

4. 結語

本研究では、転波列流れの水位変化に伴う u , v の乱れ強さの分布特性およびレイノルズ応力に関する分布傾向の一端が明らかにされたと考える。しかしデータ数が少ないため、特にレイノルズ応力についての分布特性や定量的な議論ができなかった。今後は、数多くのデータを獲得して乱れに関し、もうすこし詳細な検討を行っていきたいと考えている。

(参考文献)

- 1) 室田明, 宮島昌弘 : " 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, 津田 : " 超高速流の内部構造に関する実験的研究 (主に水位変動と流速について) " 土木学会第48回年講, II-297, 1993年 9月
- 3) 室田, 宮島, 津田 : " 超高速流の内部構造に関する実験的研究 (流速変動について) " 土木学会平成6年度関西支部年講, 1994年 5月 投稿中

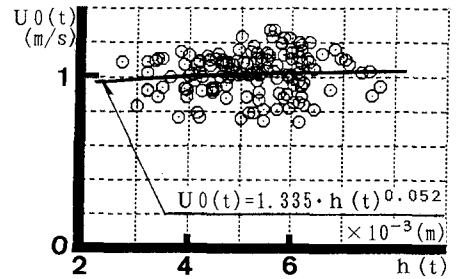


図-2 水位と流速

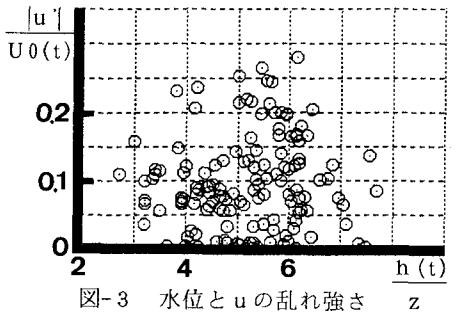


図-3 水位と u の乱れ強さ z

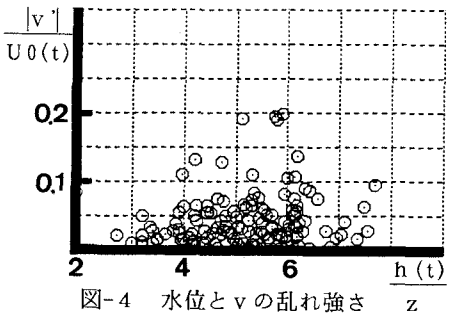


図-4 水位と v の乱れ強さ z

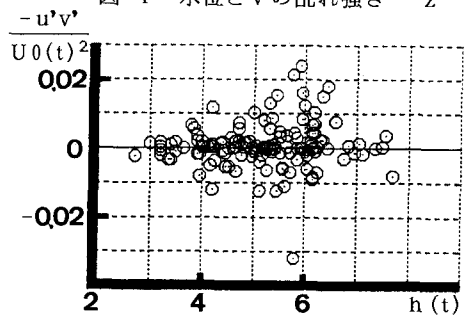


図-5 水位とレイノルズ応力 z