

転波列流れの温度変化に伴う挙動について

大阪産業大学工学部 正員 宮島昌弘

1. はじめに

水深の浅い急勾配水路において、自励的に発生する転波列については、その発生や特徴についてほとんど知られていないのが現状である。これは、転波列の周期についても言えることで、ある一定の条件の元に観測されたもので水理条件が比較的同様でも、温度条件が変わると、周期の値が大きく異なってくるようである。今回は、転波列周期が温度変化（動粘性係数の変化）や水路幅変化でどのような挙動を示すのかを調査する。そして、温度条件（動粘性係数変化）に伴う周期の傾向を、水路幅と平均流速を用いたストローハル数型と水路幅を用いたレイノルズ数で示して検討し、転波列流れの周期の特徴を考察する。

2. 実験条件

実験は、幅 $B=20\text{cm}$ 、長さ 5m のアクリル製可変勾配水路を用い、水路勾配は $1/6\sim 1/10$ で、それぞれの勾配で3流量を設定し、まず 20cm 幅水路で実験し、続いて各流量についてそれぞれ水路上流部から 50cm 下流の水路センターの位置に、直径 $1, 2, 3, 4, 5, 6\text{cm}$ の厚さ 4cm の塩ビ製円筒板を設置したもの、さらに水路幅が転波列に及ぼす影響を確認するために、水路幅を 5 から 20cm まで7種類変化させて、表-1の計画実験条件をベースに実験を行った。水深の測定は超音波式水位計、周期の測定は主として目視観測で行った。

表-1 計画実験条件

水温条件 °C	水路勾配	流量 ml/s
3	1/6.0	300
5	1/7.0	500
8	1/8.0	700
12	1/10.0	
20		
30		

3. 転波列周期と温度の関係

(1) 20cm 幅水路の場合

図-1は、 20cm 幅水路で円筒板設置なしのものと円筒板を設置したものを併せて表示している。横軸に水温依存の動粘性係数 ν (cm^2/s) を、縦軸に転波列周期 T (sec) を示している。周期の変動は比較的大きいが、動粘性係数 ν の増大に伴い、転波列周期が比較的なめらかに、しかも大きく減少している。平均的に ν の増大に伴い $1/2\sim 1/3$ 倍もの周期の減少が観測されている。これは転波列周期の発生に関わる場所で、動粘性係数（粘性係数）が大きく関わっていることを示していると考えられる。

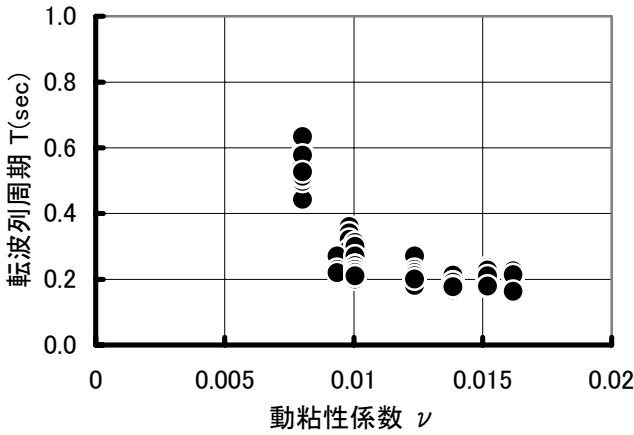
(2) 水路幅を変化させた場合

図-2には、水路幅を変化させた場合 ($5\text{cm}\sim 20\text{cm}$) の動粘性係数と転波列周期の関係を示した。図-1と同様の傾向が示されており、動粘性係数の小さな所以外は殆ど同様である。動粘性係数 ν の増大に伴い、転波列周期の減少傾向が示されている。 ν の増大に伴い、平均的に $1/2$ 倍程度まで周期の減少傾向が示されている。図-1と図-2からは、転波列周期が水温（動粘性係数）に大きく影響を受けていることが示される。非常に大ざっぱな言い方をすれば、水路内に円筒板を置こうが、水路幅を変えようが、水温変化に伴う動粘性係数の変化が、転波列周期にかなり大きく影響を及ぼすことが示されているのである。 ν に伴う周期 T の変化が $2\sim 3$ 倍の変化にまで及ぶのである。これは、転波列の周期が粘性に依存していることを示しており、転波列発生初期には、なんらかの形で粘性が転波列の周期に影響を与えていることが推察される。こうしたことから、粘性の効果と周期の関係を、それぞれレイノルズ数型、ストローハル数型の無次元化した形で検討を行うことにする。

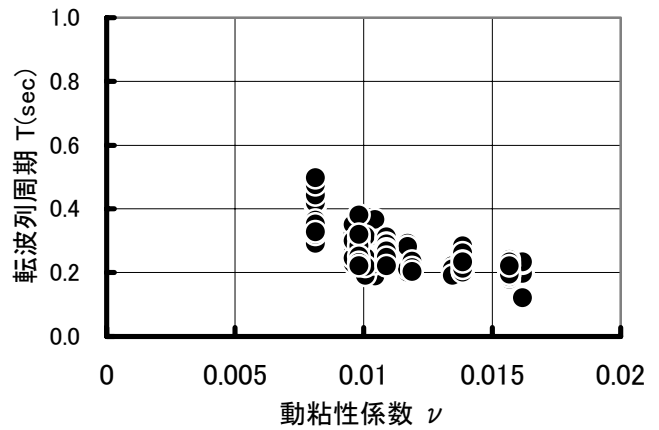
転波列, 薄層流, 急勾配水路, 超高速流

〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1

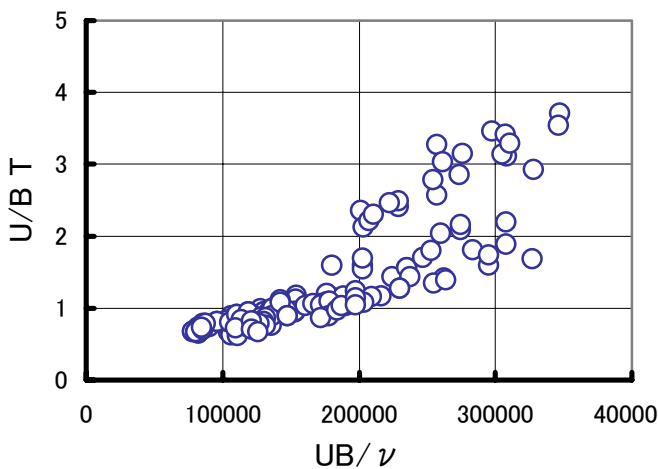
TEL: 072-875-3001, FAX: 072-875-5044



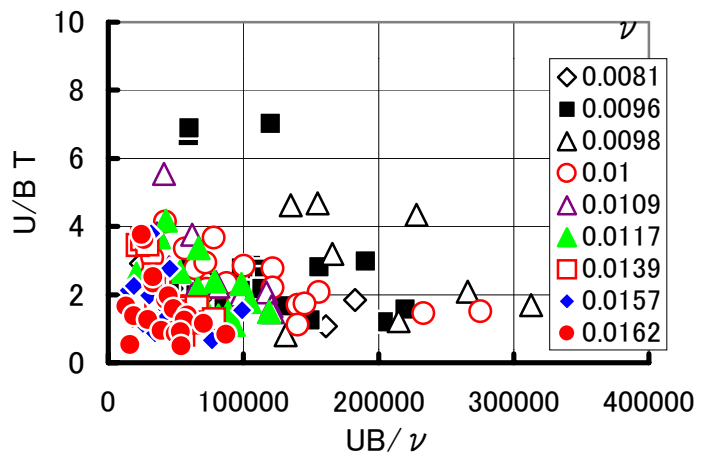
図一 1 周期と動粘性係数 (20cm 幅水路)



図一 2 周期と動粘性係数 (水路幅変化 5-20cm)



図一 3 無次元周期とレイノルズ数 (20cm 幅水路)



図一 4 無次元周期とレイノルズ数 (水路幅変化)

4. 水路幅を用いたレイノルズ数と無次元周期の関係

(1) 20cm 幅水路の場合 図一 3 は、横軸に水路幅 B を用いたレイノルズ数、縦軸に水路幅を用いた無次元周期で示してある。レイノルズ数の増大に伴い、無次元周期も増大しており、前に示された動粘性係数と周期の関係が、同じことではあるが、水路幅 B が一定の場合についてはこうした形になっている。

(2) 水路幅を変化させた場合 図一 4 は、同じくレイノルズ数と無次元周期を示している。ここからは、水路幅と動粘性係数と周期の関係が、おぼろげながら示されてきていると考えられる。横軸に水路幅と動粘性係数、縦軸に周期と水路幅で無次元化していることから、これらの特徴が浮かび上がってくる。改めて図一 4 を見ると、転波列流れの存在が、横軸の水路幅スケールのレイノルズ数と、縦軸の同じく水路幅スケールを用いた無次元周期（ストローハル数型）によって、図に示された領域内でいわば階層的に示されていることが判る。これは、水路幅と動粘性係数と転波列周期が、ある閉じた系のなかで存在していることを暗示させるものである。ここで、動粘性係数 ν が一定（水温一定）の場合は、たとえば ▲ や ● の条件のように水路幅と周期の関係が表示されている。

5. まとめ

- (1) 転波列流れの周期には、水温が大きく関与していると考えられる。水温に依存する動粘性係数と転波列流れの周期には、明瞭な関係があることが判った。
 - (2) 水温条件が一定の場合には、水路幅変化と周期の関係が明瞭に示されることが判った。
- 今後、さらに詳細な実験・検討を進めていきたい。