

## II-150

## 開水路死水域内の流体振動に及ぼす水理量の影響

京都大学大学院  
和歌山工業高等専門学校  
京都大学工学部  
東京電力

学生員 安永 良  
正員 木村 一郎  
正員 細田 尚  
正員 友近 文志

1.はじめに: 開水路死水域と主流との界面付近では流れが不安定となり、組織的な大規模渦が発生する。このため界面付近では周期的な流速変動が起こる。このせん断不安定に起因した渦はセイシュの影響をうける。本研究では比較的簡単な平面2次元モデルを用いてこの現象を再現し、フルード数及び死水域のアスペクト比(開口部長さ/奥行き)の違いによって生じる水理特性の変化を調べることを目的とする。まず水理実験を行い、実験と同条件で数値解析を行った。

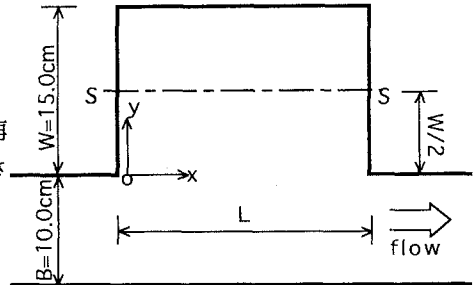


図-1 死水域概要

2.水理実験: 長さ10m、幅25cmの開水路を仕切り、図-1に示すような死水域を設けた。流速測定には直径3mmの超小型プロペラ流速計を用いた。この実験からRun1, Run2-a, Run2-c, Run3では、死水域中央部に節をもつ主流方向の水面振動がみられた。閉鎖性水域の水面振動の固有周期Tは、一般に次式で示される。

$$T = \frac{2 \cdot L}{m \sqrt{gh}} \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

ここに、L:閉鎖性水域の長さ、h:水深、g:重力加速度である。ノード数に対応するmを1とした場合のTの値は表-1の通りである。実験でみられた水面振動の周期はこれとほぼ一致した。このことから、この水面振動はセイシュであると考えられる。そして、ビデオ撮影結果の検討より、せん断不安定に起因する渦がセイシュの周期と共鳴した場合に、大規模な渦へと発達していくことが確認された。[1, 2]一方、Run2-bではセイシュの発生は確認されず、大規模渦の発生は他のRunと比較して周期的とはならなかった。

3.数値解析: 本研究の数値計算では、静水圧を仮定した平面2次元モデルの基礎式を用いた。計算方法としては、移流項にはQUICKスキームを、時間積分にはアダムス・バッシュフォース法を用いた。また、界面付近および壁面近傍を細かくした最小格子幅0.22mmの可変格子系を用いて計算を行った。水理条件を表-1に示す。以下考察を示す。

(1)水面振動: 図-2(a)はRun2-cの実験結果で、 $x=3.0\text{cm}$ ,  $y=7.5\text{cm}$ の位置の水面振動の大きさをレーザー距離計を用いて測定したものであり、図-2(b)は同位置での数値解析結果である。両者は、振幅、周期ともにほぼ一致している。従って、数値解析結果は実験におけ

表-1 水理条件

|                                   | Run1 | Run2-a | Run2-b | Run2-c | Run3 |
|-----------------------------------|------|--------|--------|--------|------|
| フルード数                             | 0.73 | 0.73   | 0.28   | 0.83   | 0.73 |
| レイノルズ数                            | 2510 | 2510   | 2510   | 8150   | 2510 |
| 下流端水深(cm)                         | 1.00 | 1.00   | 1.90   | 2.02   | 1.00 |
| アスペクト比(L/W)                       | 0.5  | 1.5    | 1.5    | 1.5    | 5.0  |
| 固有周期T(s)                          | 0.48 | 1.44   | 1.04   | 1.01   | 4.79 |
| 流量フラックス( $\text{cm}^3/\text{s}$ ) | 23.0 | 23.0   | 23.0   | 74.7   | 23.0 |

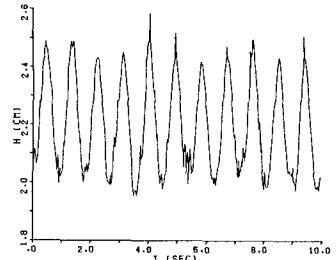


図-2(a) 実験結果(Run2-c)

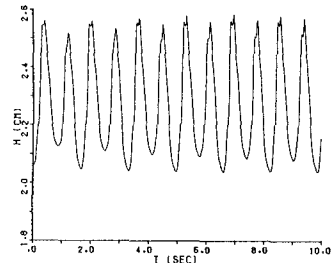


図-2(b) 数値解析結果(Run2-c)

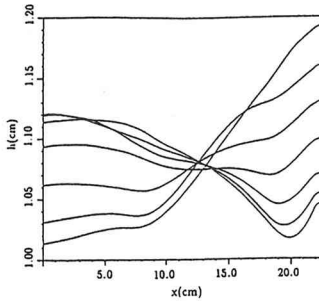


図-3(a) 水面振動(Run2-a)

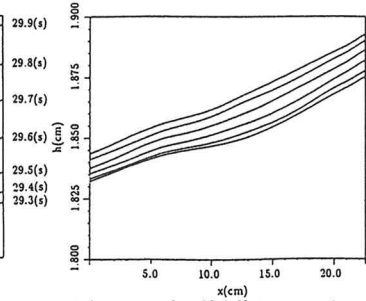


図-3(b) 水面振動(Run2-b)

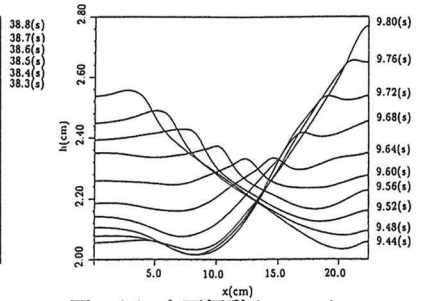


図-3(c) 水面振動(Run2-c)

る水面振動を良好に再現しているものと考えられる。図-3(a)~(c)は、図-1のs-s断面における水面振動を示すものである。フルード数の大きいRun2-a, Run2-cにおいては、死水域中央付近に節をもつ主流方向の振動がみられる。水面振動の時系列から、Run2-a, Run2-cでの振動周期は(1)式で求めた固有周期とほぼ一致しており、セイシュが再現されていると思われる。一方、フルード数の小さいRun2-bにおいては実験と同様にセイシュはみられない。

(2)流速変動: 図-4(a), (b)はRun2-a, Run3における死水域・主流界面の上流端付近でのy方向の流速変動の時系列の数値解析結果を示したものである。2つのRunともせん断不安定による周期が卓越しており、その値は約0.4秒とほぼ一致していることがわかる。つまり、せん断不安定の周期は、死水域のアスペクト比には影響をうけないことがわかる。

(3)渦の合体: 図-5はRun3の水深分布図である。渦の中心付近の水深が極小となっていることがわかる。さらに、アスペクト比の大きいこのRunにおいてのみ渦の合体がみられる。

4. おわりに: 比較的簡単な平面2次元モデルを用いた数値計算と、水理実験との比較より、長方形死水域・主流界面の水理特性が、フルード数の違いにより定性的に変化することが確認された。すなわち、フルード数の大小によりセイシュの発生の有無が決定され、これが大規模渦の発生・発達に関与している。また、せん断不安定の周期はフルード数が等しければ死水域アスペクト比によらず一定である。そして、渦の合体はアスペクト比の大きい場合にのみ発生することがわかった。今後は、レイノルズ数等、他の水理パラメータの影響についても検討を行いたい。

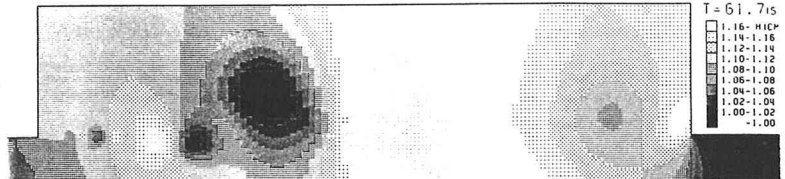


図-5 水深分布図(Run3)

#### 参考文献

- [1]木村一郎・細田 尚: 側岸に死水域を有する開水路流れの非定常解析, 日本流体力学会誌「ながれ」, vol. 12, pp. 399-488, 1993.
- [2]木村一郎・細田 尚・友近文志: 死水域を伴う開水路流れの非定常振動特性, 水工学論文集, 第38号, pp. 425-430, 1994.