

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 尚志
正 員 友近 文志

1.はじめに：開水路死水域と主流との境界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。

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の超小型プロベラ流速計を用いた。フルード数が0.83, 0.73, 0.28の場合をそれぞれ

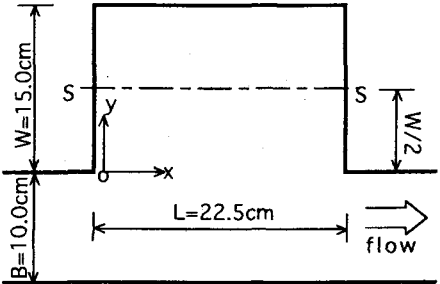


図1 死水域概要

Run1, Run2, Run3とする。この実験からRun1, Run2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Run1, Run2で、それぞれ

	Run1	Run2	Run3
フルード数	0.83	0.73	0.28
レイノルズ数	8150	2510	2510
下流端水深(cm)	2.02	1.00	1.90

1.01秒、1.44秒であり、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。一方、Run3ではセイシュの発生は確認されず、大規模渦の発生はRun1, Run2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。

(i)水面振動：図2(a)はRun1の実験結果で、x=3.0cm, y=7.5cmの位置の水面振動の大

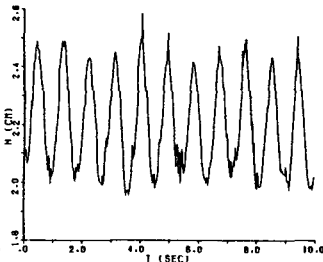


図2(a) 実験結果(Run1)

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はRun2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。図4(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Run1, Run2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、Run1, Run2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

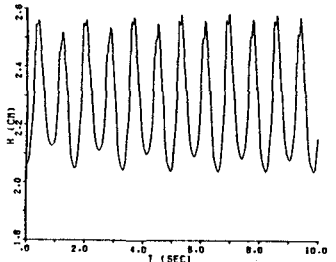


図2(b) 数値解析結果(Run1)

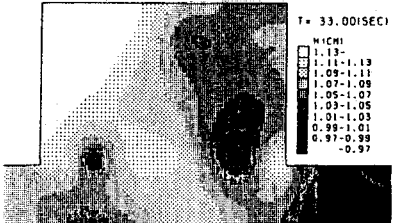


図3 水深分布図(Run2)

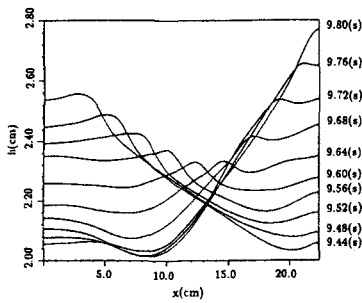


図4(a) 水面振動(Run1)

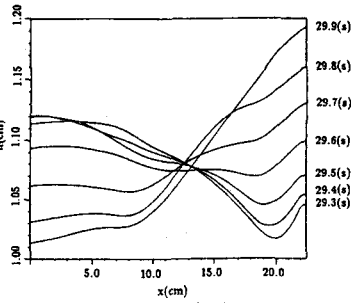


図4(b) 水面振動(Run2)

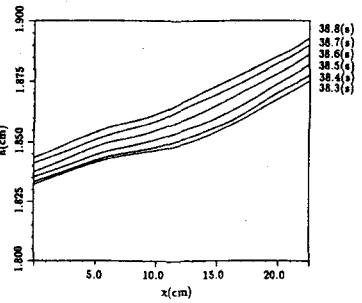


図4(c) 水面振動(Run3)

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Run3においては実験と同様にセイシュはみられない。

(ii) 流速変動: 図5(a)~7(b)はそれぞれのRunにおいて死水域の上流端付近と下流端付近で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。フルード数の大きいRun1, Run2では、上流端付近においてはせん断不安定による振動が卓越しており、その周期はRun1, Run2でそれぞれ0.3秒、0.4秒である。そして下流端付近ではセイシュの振動が卓越し、さらにセイシュの2倍周期の振動もみられる。セイシュの2倍周期の振動の発生する原因としては、大規模渦の下流端への衝突位置の変動に起因すると考えられる[1]。フルード数の小さいRun3ではせん断不安定の周期(1.2秒)のみが再現されている。

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。今後は、レイノルズ数や、死水域の形状比等、他の水理パラメータの影響についても検討を行いたい。

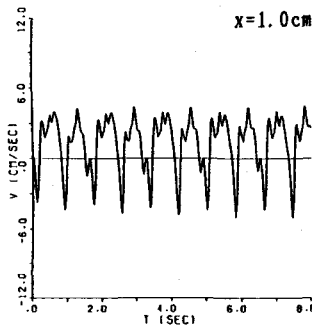


図5(a) 流速変動(Run1)
x=1.0 cm

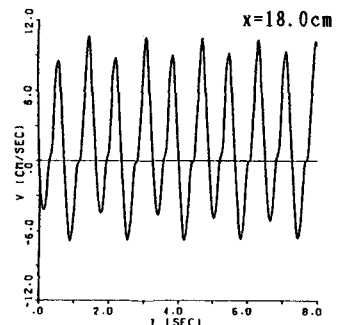


図5(b) 流速変動(Run1)
x=18.0 cm

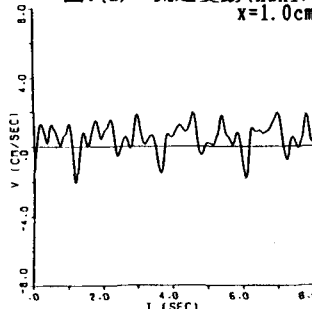


図6(a) 流速変動(Run2)
x=1.0 cm

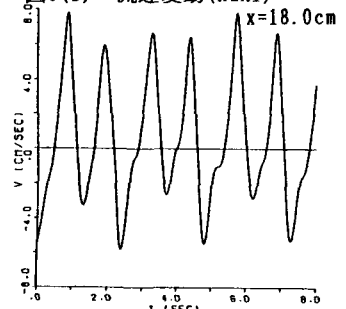


図6(b) 流速変動(Run2)
x=18.0 cm

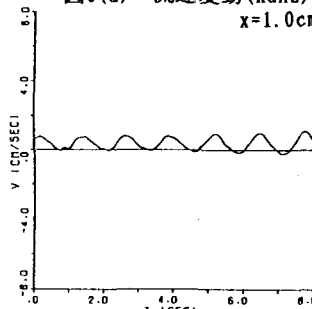


図7(a) 流速変動(Run3)

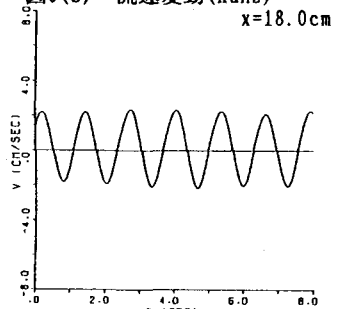


図7(b) 流速変動(Run3)

参考文献

- [1] 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、1994(印刷中)。