

湖山池における静振観測

小 玉 芳 敬*

Seiche Observations in Lake Koyama, Tottori Prefecture

Yoshinori Kodama*

キーワード：静振，セーシュ，湖山池，地理学実習

Key words: Seiche, Lake Koyama in Tottori, laboratory and field work in Physical Geography

1. はじめに

鳥取大学の西には「池」と名のつく自然のもので日本一面積の広い湖山池（7.0km²）が広がる。この池を対象とした地理学実習（教育学部3年次）において、これまでに3度静振観測を実施した。そのなかで静振現象を最も明確に捉えることができた1996年度の結果について本稿で述べる。

「静振（Seiche・セーシュ）」とは、図1に示すように湖沼などの閉じた領域に起こる水面の固有振動のことである（砂村，1981）。一般に湖沼の水面では，風や気圧の変動，豪雨に伴う河川流入水の変動などで発生した湖水の振動が，その後長期間にわたって継続する（西條・三田村，1995）。吉村（1937）によると，湖沼学の創始者であるファチオ・ドゥ・ドゥイユ（Fatio de Deuiller）によって1730年にレマン湖で初めて静振現象が研究された。ファチオは，湖岸の土が一定時間ごとに乾く現象を言いあらわしたレマン湖地方の漁民の方言Seiche（フランス語の乾いたという意味）を，専門用語として初めて定義して用いた（西條・三田村，1995）。その後，多くの湖沼で静振が報告されている（例えばSunamura，1992，pp.46-47）。

日本では琵琶湖において1925年8月13日～14日にかけて海洋気象台が実施した，今津（西岸）の湖畔および彦根（東岸）の湖畔での水位観測結果が逆位相の水位変動を示し，典型的な静振の曲線として知られている（吉村，1937）。一方，湖山池においては檜谷ほか（1988）が，1986年11月22日～25日にかけて池の南側湖畔2箇所で見測した水位変動結果をスペクトル解析し，静振の周期として23分と18分のものが卓越していること，また振幅は風速が13.0m/secの場合，最大5.0cm程度にまで発達することを報告している。ところが，典型的な静振現象である逆位相

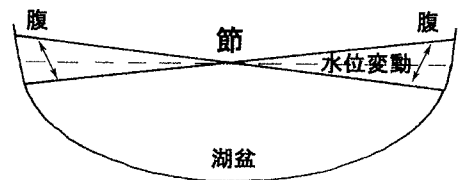


図1 静振の模式図（単節の場合）

* 鳥取大学教育地域科学部環境科学講座（〒680-8551 鳥取市湖山町南4-101）

Department of Environmental Sciences, Faculty of Education and Regional Sciences, Tottori University, Tottori, 680-8551 Japan. e-mail: kodama@mail.fed.tottori-u.ac.jp

J. Fac. Educ. & Region. Sci., Tottori Univ. (Regional Research), 3(1): 103-109(2001)

を示すような水位変動は、湖山池においてこれまで報告されていない。

本研究の目的は、湖山池の両対岸において水位観測を実施することで、それらを対照させ、水位変動が逆位相となるような静振現象を捉えることである。さらに静振の周期等について若干の考察を加える。

2. 湖山池の静振観測

2-1. 湖山池の概要

湖山池は鳥取平野の北西部に位置し、その北側は砂丘地で日本海と隔てられている（図2）。千代川による平野の埋積から取り残されて形成された汽水湖で（星見，1990；赤木ほか，1993；豊島，1993），その面積は7.0km²，湖岸線は14.4kmにおよび，湖面標高はほぼ0mである。標高60.8mの青島をはじめとして津生島，団子島などの島々が点在する。流入する河川5本に対して，流出する河川は湖山川のみである。湖山川を通して海水の遡上があるが，現在では塩水遡上を防ぐために河口部に水門が設置され，門の開閉により塩水の流入を制御している。最大水深（7.0m）は北部の龍ヶ崎沖にあり，湖山池全体の平均水深は2.8mと比較的浅い海跡湖の特徴を有している（北浦・池田，1999）。

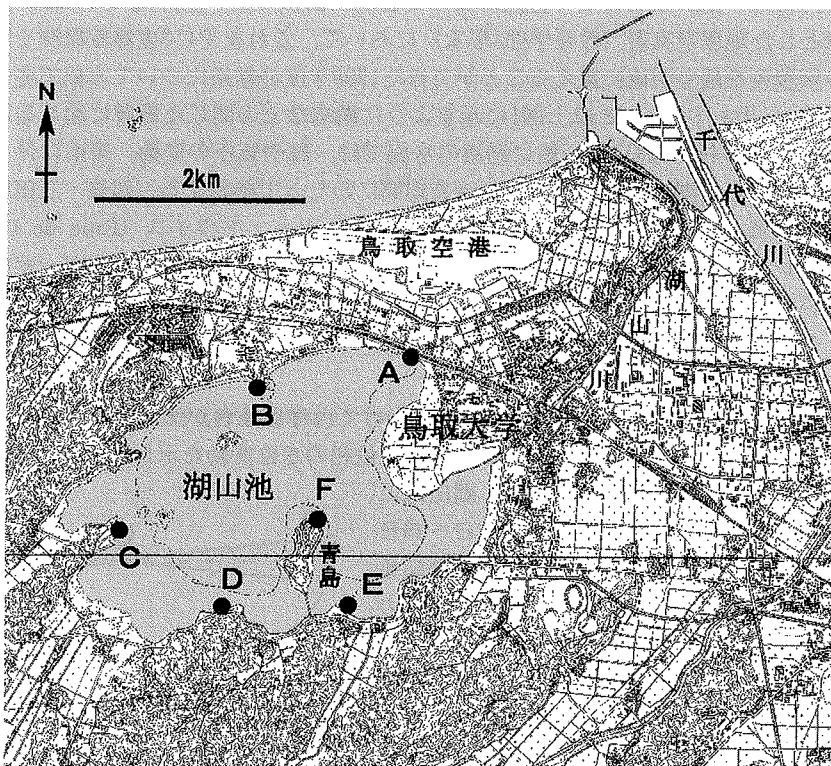


図2 湖山池における静振観測地点

A～Fの●地点で観測を実施した。

2.5万分の1地形図（数値地図）「鳥取北部」「鳥取南部」の一部より作成。

2-2. 静振観測方法

図2に示す6地点で、1996年4月20日（土曜日）に水位の同時観測を実施した。A地点は鳥取大学ヨット部の艇庫付近、B地点は国立療養所の南に突き出る龍ヶ崎の先端部、C地点は防己尾城跡の湾入部、D地点は良田の湖畔、E地点は高住の湖畔、そしてF地点は池の中央部を代表させて青島の北端部とした。水位観測は12:30~14:00と15:00~17:00の2回に分けて集中的に実施した。

観測には簡易式水位計（内径4.6cm、長さ22cmのメスシリンダー型のガラス器具）を用いた。このガラス管内部の水位は、ガラス管の底面に開けられた径1.5mmの細孔を通して伝わる静水圧に対応し、風波による水面の変動に影響されない。水位は1分間隔で目視により1mm単位で読みとった。

2-3. 観測日以前10日間の風況

1996年の観測では、湖山池において風向風速の調査を実施しなかった。そこで、鳥取气象台における風の観測結果を表1に示した。観測日以前の10日間の風況をみると、観測日2日前まで、平均風速で2.6m/s以上の比較的強い風が吹いており、その風向は主に北から西北西にかけてであった。特に観測日の2日前には10分間平均風速が10m/sを越えるような強風が吹き荒れ、この日の最大瞬間風速は21.1m/sであった。観測日前日の平均風速は1.8m/sと10日間のなかで最も穏やかな風であり、観測日当日には平均風速3.7m/sの比較的強い北風が吹いていた。観測日、風下側（南側湖畔）では波高20cm~30cmの波が打ち寄せており、水位の読みとりが大変であった。一方、風上側（北側湖畔）では波はほとんどなく穏やかで、吹送距離に応じて風波の違いが端的にあらわれていた。

表1 観測日以前10日間の風況

鳥取地方气象台	24時間の 平均風速 m/sec	10分間平均	
		最大風速 m/sec	風向 16方位
1996年 4月 11日	3.9	8	N
12日	6.2	10	NNW
13日	2.8	5	NW
14日	2.8	5	NNW
15日	2.6	6	N
16日	2.6	7	WNW
17日	4.7	8	SSW
18日	5.4	10	WNW
19日	1.8	4	SSW
* 観測日 20日	3.7	8	N

鳥取県気象月報 平成8年4月より抜粋

2-4. 静振観測結果

図3は、12:30~14:00の集中観測の結果である。各観測点における水位変動曲線を任意の幅で上下にずらして並べてある。プロットは1分間隔の計測値にあたり、北側湖畔を白抜きマークで、南側湖畔を黒塗りマークで、中央のC地点とF地点を+と×のマークでそれぞれ示した。

図3よりA地点とB地点（両白抜きマーク）は、ほぼ同じ位相で水位が上下変動していることがわかる。またD地点とE地点（両黒塗りマーク）についても、ほぼ同じ位相で水位が上下変動している。さらにA・B地点とD・E地点を比較すると、水位の上下変動がちょうど逆位相になっていることがわかる。これら逆位相の関係は、特にA・E・B地点の水位変動曲線に明瞭にあらわれている。

12:31~32頃、A・B地点では水位が高い状態にあり、逆にD地点では低い状態にある。12:38~40頃、A・B地点では水位が低くなり、逆にD・E地点では高くなっている。12:45~46頃、再びA・B地点では水位が高くなり、逆にD・E地点では低くなっている。このようなことが引き続き12:54~55（A, B, D, E）、13:01~04（A, B, D, E）、13:11~14（A, B, D）、13:17

～23 (A, B, D), 13:30 (A, D), 13:34～35 (A, B, D, E) 13:40～42 (A, B, D), 13:45 (E), 13:50 (D), 13:53～56 (A, B, E), 13:59 (A, D) においてそれぞれ確認できる。

水位が高くなる周期を数えると、A地点では15分、17分、21分、12分、20分、B地点では15分、16分、15分、23分、12分、E地点では16分、21分が読みとれる。これらの平均値は16.9分となる。

一方、C・F地点には規則正しい水位変動は認められず、むしろF地点は振幅6cm以内でほぼ一定の値を示している。

つまり、C地点とF地点を結ぶ湖山池の東西線を「節」として、南北の岸付近で水位変動が大きく「腹」となっているものと判断される。つまり図1に示したような単節の静振現象を、これらの水位変動曲線が明瞭に示している。D地点の振幅は最も大きく10cmに達している。次いでA地点では最大振幅が9cm近くある。B・E地点では4～5cmとなっている。このように一つの静振現象においても振幅は地点ごとに大きく異なることがわかる。

15:00～17:00の集中観測結果は、振幅が全ての観測点において1～3cmほど小さくなり、A・B・E地点では7分～10分周期の小刻みな水位変動を示した。さらに南北対岸での逆位相の変動も時間の経過とともに次第に不明瞭となったため、本稿ではこれ以上言及しない。

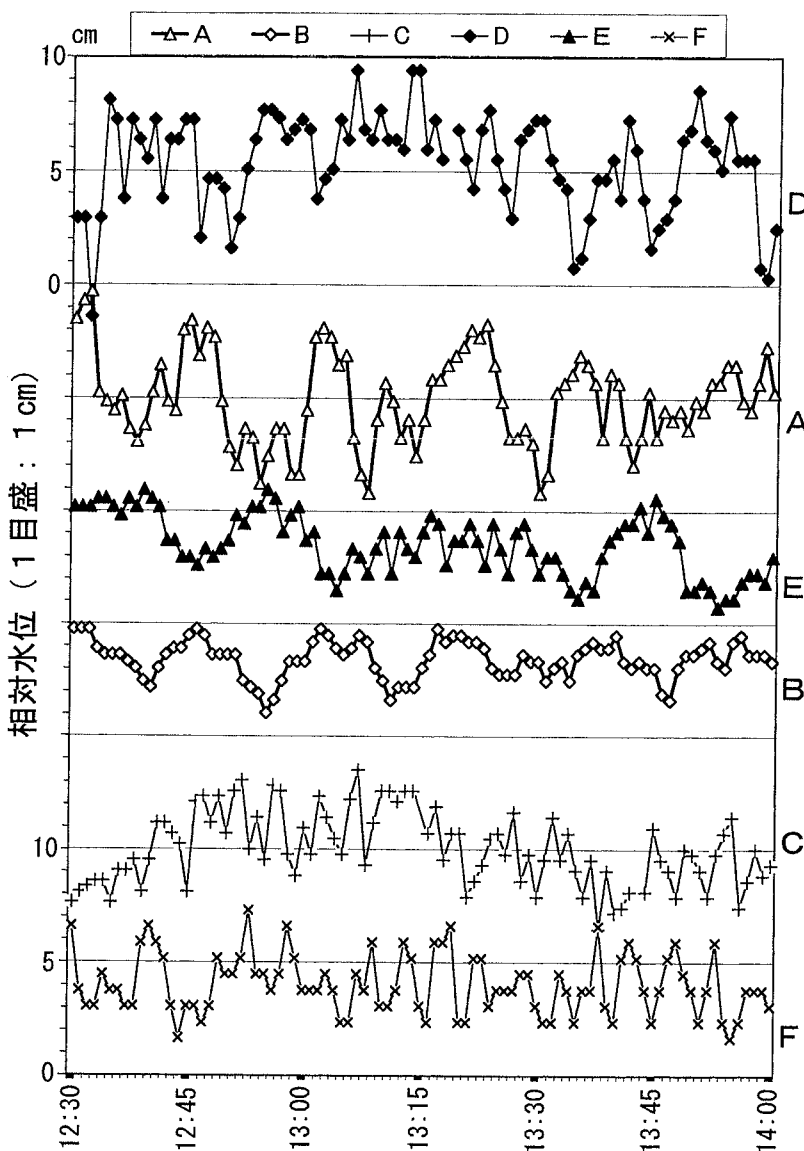


図3 湖山池における静振観測結果 (1996年4月20日)

A～Fは図2の観測地点に対応する。

3. 静振の周期について

港湾分野においてもセイシュが知られている。たとえば白石ほか (1986, p. 86) には、「検潮器に記録される潮位曲線には、潮汐のほかに数十秒から数十分の振動が重なっていることがある。このような振動は潮汐に対する二次振動の意味で副振動 (またはセイシュ) と呼ばれ、一般には外海からの長周期の擾乱が海岸地形に特有な共振現象によって増幅される結果と解釈されている。通常は湾口のやや沖側を節とし、湾奥を腹とする単節振動モードが最大の増幅率を示し、これがその湾の固有振動周期としてしばしば出現する。この周期は次式で略算される。

$$T = 4l / \sqrt{gh} \quad (1)$$

ここに、 T : 固有振動周期 (s), l : 湾口から湾奥までの長さ (m), g : 重力加速度 (9.8m/s^2), h : 湾の水容積を湾の水面積で割った平均水深 (m)」と述べられている。

この固有振動周期の考え方を湖沼の静振に応用する。一般的に湖沼においては図1のような単節の振動が発生するため、 l は腹から節までの距離であるから、つまり湖沼の幅の半分に相当する。従って湖沼の固有振動周期は、次の式で概算できる。

$$T = 2L / \sqrt{gh} \quad (2)$$

ここに、 T : 固有振動周期 (s), L : 湖沼の内径 (m), g : 重力加速度 (9.8m/s^2), h : 湖沼の水容積を湖沼の水面積で割った平均水深 (m)。鈴木 (1963, pp. 40-43) は、日本の湖沼の静振を調べた結果から、静振の周期が(2)式で表されることをすでに指摘している。

湖山池の内径については、最長距離が4.0km (東西) で最短距離が2.1kmであるため、(2)式より固有振動周期は約13分~25分の間となる。今回観測した周期は、この範囲に含まれる。檜谷ほか (1988) が指摘した18分と23分の卓越周期も、この範囲内である。つまり静振の周期についての概算式としては(2)式が湖山池においても有効である。

振幅については、今回の観測でも明らかになったように、観測地点ごとに大きく異なった (4cm ~ 10cm)。各観測点付近の湖底地形などが水位変化に強く影響しているためと考えられる。

4. おわりに

1996年4月20日に湖山池湖畔の6地点で、同時に1分間隔で水位変動を観測した。その結果、池のほぼ中央を通る東西線を軸 (単節) とした湖水面の静振を捉えた。つまり、水位変動は北岸と南岸で逆位相を示し、その平均周期は17分であった。静振周期の概算には、次式が有効である。

$$T = 2L / \sqrt{gh}$$

ここに、 T : 固有振動周期 (s), L : 湖沼の内径 (m), g : 重力加速度 (9.8m/s^2), h : 湖沼の水容積を湖沼の水面積で割った平均水深 (m)。水位変動の振幅は観測地点ごとに大きく異なり、最大では10cmにまで達した。

1996年の観測は、地理学実習として初めて実施した静振観測であった。風速風向観測とあわせた実習を1997年・1998年と実施したが、1996年のように一目瞭然となるような静振の水位変動を捉え

ることは残念ながらできなかった。1996年は観測日の2日前に強風が吹いたことが幸いしたのであろう。つまり静振の出現様式には、観測日以前の風況が強く影響していると言えよう。

謝 辞

静振観測用のガラス器具は、鳥取大学工学部の西田良平教授からお借りした。静振の観測は、当時教育学部4年生のボランティア6名と3年生の地理学実習受講者15名により実施された。観測者は以下のものであった（敬称略）。

A地点：今嶋ひさ枝・林憲一・谷口聡， B地点：田中育穂・仲田伸一・山下晴久，
C地点：池口真理子・住尾俊樹・秋吉大輔， D地点：高垣久美子・濱田佳典・亀井修平，
E地点：小矢野佳代子・大上高広・清水義典， F地点：秋田弘子・中村奈緒・藤岡美穂・
平家めぐみ・堀田恵美， 巡回連絡係：中島康太・小玉芳敬 以上22名

文 献

- 赤木三郎・豊島吉則・星見清晴・谷村美弥子（1993）湖山池の地質環境と地史的変遷。地質学論集，No. 39，103-116.
- 北浦光章・池田 宏（1999）海跡湖の水深決定要因 —吹送距離が決める湖の深さ—。筑波大学水理実験センター報告，No. 24，59-72.
- 西條八束・三田村緒佐武（1995）新編 湖沼調査法，230pp. 講談社（東京）.
- 白石直文・沼田 淳・須田 熙・稲村 肇（1986）港湾工学—土木教程選書，296pp. 鹿島出版会（東京）.
- 鈴木静夫（1963）日本の湖沼 —湖沼学入門—，244pp. 内田老鶴圃新社（東京）.
- 砂村継夫（1981）セイシュ，305. In：町田 貞・井口正男・貝塚爽平・佐藤 正・榎根 勇・小野有五（編）地形学辞典，767pp. 二宮書店（東京）.
- 豊島吉則（1993）湖山池，120-121. In：豊島吉則・赤木三郎・岡田昭明（編）鳥取県のすぐれた自然 地形・地質編，283pp. 鳥取県衛生環境部自然保護課（鳥取）.
- 檜谷 治・道上正規・鈴木幸一（1988）湖山池における吹送流観測。第32回水理講演会論文集，311-316.
- 星見清晴（1990）湖山池の形成について。鳥取県博物館研究報告，27，19-32.
- 吉村信吉（1937）湖沼学，530pp. 三省堂（東京）.
- Sunamura, T. (1992) *Geomorphology of Rocky Coasts*. 302pp. John Wiley & Sons (Chichester)

(2001年4月25日受理)

Summary

Seiche observations were conducted on 20th April, 1996 at 6 sites (site A–F) on shore of Lake Koyama, Tottori Prefecture. This brackish lake has 7.0km^2 area and 14.4km shore line length. Strong wind (more than 10m/s in 10min. average) blew just two days before the observational day. Water level fluctuations illustrate anti-phase between observational sites A & B on northern shore and D & E on southern shore, which means typical Seiches. Water level fluctuations occurred at c.a. 17 min. intervals, which can be estimated by $T=2L/\sqrt{gh}$ Where T : wave period(s), L : diameter of a lake(m), g : acceleration due to gravity(9.8m/s^2) and h : mean water depth of a lake(m). Fluctuation range varied from 4cm to 10cm from site to site.

