

福井県の汽水湖における湖水面の変動関数について

加藤 賢二・宇都宮 高栄

The Functions of Variation on the Surface of the Brackish Water Lakes in Fukui Prefecture

Kenji KATOU・Takae UTSUNOMIYA

Abstract

The Lake Kitagata and The Five Lakes of Mikata connect with The Japan Sea by channel. Therefore, the surface of them is deeply affected by the tide of the sea and as a results it varies. In this report, we tried to analyze the variations of the surface of the water by making use advantage of Fouries analysis. We could put them to practical use as a part of the hydraulics model necessary for the eutrophication pollution analysis.

1 緒 言

平成元年度より始めた北潟湖、三方五湖における暫定水質基準見直し作業の一環として実施している富栄養化汚濁解析は計算機によるシミュレーション手法を¹⁾²⁾用いて現況を再現し、また、将来見込まれる負荷量および諸対策後の水質変化を予測している。

この、富栄養化汚濁解析に必要な水理モデルの一部である湖水面の変化は汽水湖であるがゆえに日本海における潮位変動に大きな影響を受ける。このためフーリエ解析³⁾を用いて日本海における潮位関数および湖水面の変動関数を求め、日本海と湖水面との関係を明らかにし水理モデル内に組み込む作業を実施したので報告する。

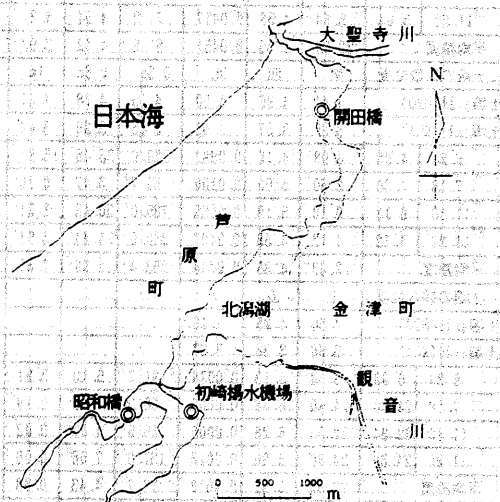


図2 北潟湖調査地点

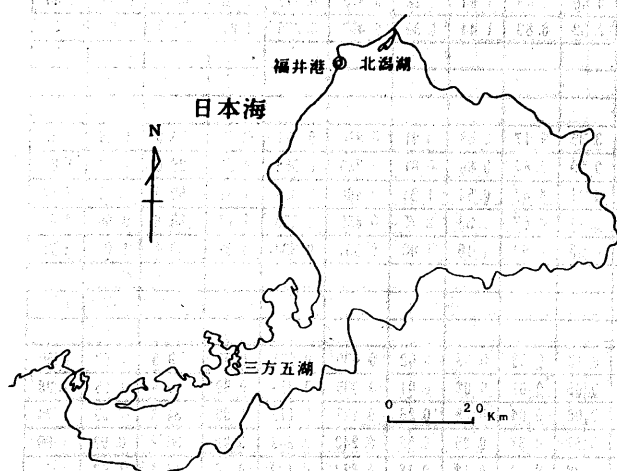


図1 調査地点

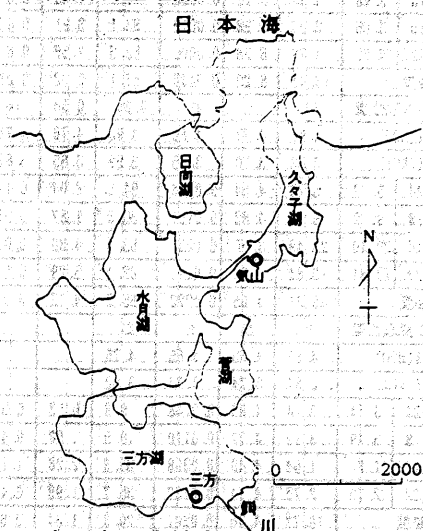


図3 三方五湖調査地点

2 調査方法

2.1 調査地点および調査期間

日本海および各湖沼における水位（面）の調査地点を図1～3に示した。また、表1には入力したデータの期間および入力形態を示した。

北潟湖南部の初崎揚水機場、昭和橋および三方湖の三方地点には連続水位測定器の設置がないため基準点を設けて湖沼水質常時監視調査のつど水位を測定した。

2.2 フーリエ解析

潮位関数および湖水面の変動関数は、フーリエ解析を組み込んだ市販の数値・図形プロセッサ「活図」⁴⁾を用いてsin関数を導き解析した。

その結果を基に（図4および図5のフーリエ解析図）入力手法について以下に示す。

2.2.1 水位データ入力

潮位関数は式（1）により表現でき、フーリエ変換ソフトは、式（2）により実施される。

$$H(T) = A \cdot \sin(2\pi fT + \alpha) \quad \dots\dots(1)$$

$$t f f t ([D], [A], [\alpha]) \quad \dots\dots(2)$$

H：潮位関数 f：振動数（1/日）

T：日 α：位相（ラジアン）

A：振幅（m） D：水位変動系列（変換後）

式(2)においてDは入力、A、αは出力データ
式(2)の諸条件等として次の事項があげられる。

① フーリエ変換は、誤差要素を少なくするため

最小でも1周期以上のデータ入力が必要。

② 入力データ数のうちフーリエ変換に用いられるデータ数は2の整数乗個にかぎられる。

③ 出力される振幅[A]は入力データ[D]の振幅1に対して256の数値として帰される。

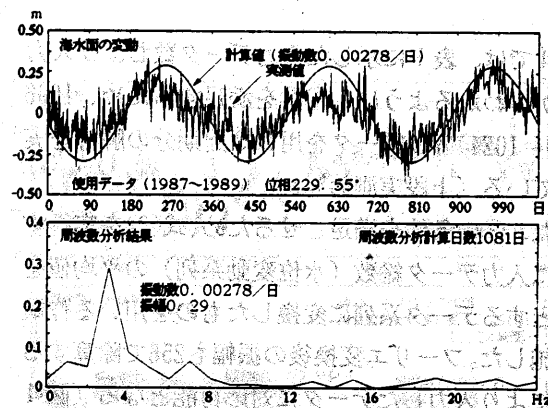


図4 福井港の周波数分析結果（年変化）

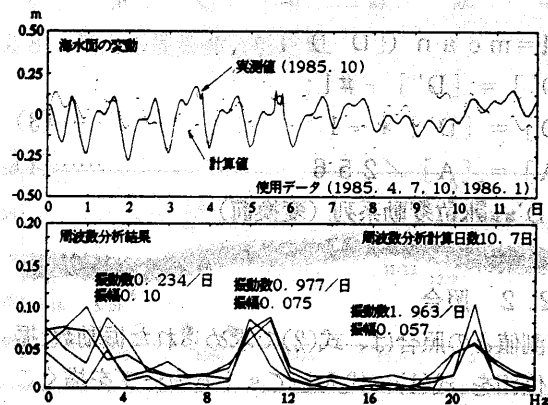


図5 福井港の周波数分析結果（日変化）

表1 入力データ種

調査地点	調査期間	入力データ数(上段) 入力形態(下段)	備考
福井港(年変化)	1987.1 ~ 1989.12	1096個 日平均系列	運輸省第一港湾建設局
" (日変化)	1985.4 1985.7 1985.10 1986.1	1152個 時系列	"
開田橋	1990.11.9 ~ 1991.3.18	3097個 時系列	三国土木事務所
昭和橋	1991.4 ~ 1992.2	10個 点入力	環境センター
初崎揚水機場	1991.4 ~ 1992.2	10個 点入力	環境センター
気山	1991.4 ~ 1992.2	4644個 時系列	三方町耕地課
三方	1991.4 ~ 1992.2	10個 点入力	環境センター

- ④ 振動数は、フーリエ線スペクトル³⁾の形で振幅出力データ [A] 中にピーク形態として表れる。また、フーリエ線スペクトルは、左右対称に出力されるため、実振動数 (Hz) は、出力データ番号の2倍の値となる。

図4では、表1に示した入力データ数および入力形態からわかるように、①②を満足するため、1096 (210=1024)個のデータを用い3周期分の解析を実施している (上段実測値)。

また、③の条件を満足させるため、式(2)を実行する前に入力データ総数 (水位変動系列) の平均値を中心とするデータ系列に変換したものをを用いる作業を実施した。フーリエ変換後の振幅も256で除算することにより入力したデータに対応可能となる (図4下段)。この入力式を式(3)(4)に示した。

$$\#1 = \text{mean}([D']) ;$$

$$[D'] = [D'] - \#1 ;$$

$$[D] = [D'] * -1 \quad \dots\dots(3)$$

$$[A] = [A] / 256 \quad \dots\dots(4)$$

D' : 水位変動系列 (変換前)

2.2.2 照合

実測値との照合は、式(2)で求められた振動数、振幅、位相を、式(1)に代入してsinカーブを描くことによって実証できる。

しかし、式(2)によって導かれる位相は個々の系列として出力されるため直接式(1)に代入することができない。そこで、 α のみを変化させるシュミレートにより照合し、位相を決定した。その結果は、図4の上段計算値として示した。

なお、式(1)は「活図」中で式(5)に変形して使用した。

$$\text{loop}(1, \#2, 1) \{ [\#1] [\@] = \#3 * \sin(\text{deg to rad}(\#7 / (\#8 / \#2))) / \#2 * (\@ - 1) + \#5 \} \quad \dots\dots(5)$$

#1: 出力データ系列番号 #5: 位相 (度)

#2: 出力データ数 #6: 出力日数

#3: 振幅(m) #7: 360

#4: 周期(日) #8: #2/#4*#6

また、式(5)で提供されたデータ系列は、周期の異なった系列 (日周期、半日周期) と加算することによって合成関数として出力することができ、複数の周期を持った関数の照合に利用できる。図5 (上段計算値) に照合結果を示した。

3 結果および考察

3.1 福井港の潮位係数

図4、5より得られた福井港の潮位係数の結果を表2に示した。備考欄には理科年表⁵⁾に示された日本海での大潮差を示した。

図5下段中の1日潮、半日潮の周期、振幅については、4、7、10、1月の平均値として求めた。なお、振動数0.234/日の分については、バラツキが大きいことからフーリエ変換時におけるノイズとして判断しデータから削除した。また、図4からも1日潮、半日潮が算出可能であるが、1年潮と1日潮、

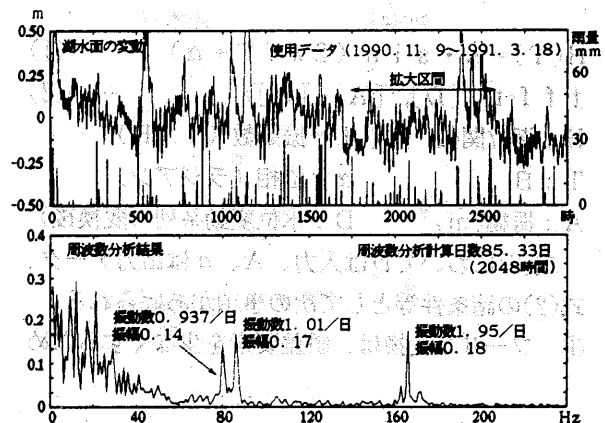


図6 開田橋の周波数分析結果 (全体図)

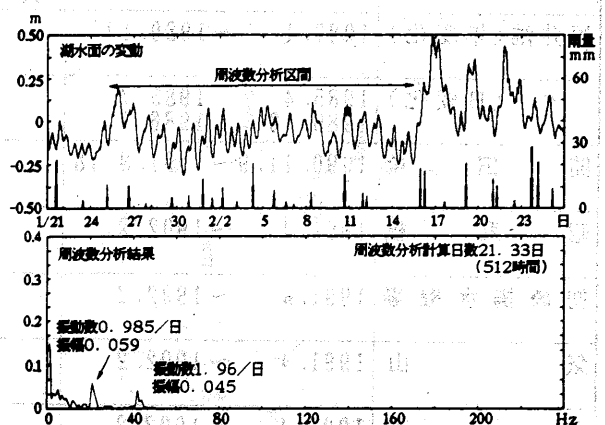


図7 開田橋の周波数分析結果 (図6の拡大図)

表2 福井港における潮位係数

H(T)	f(1/日)	A(m)	α (度)	備 考(理科年表)
太陽一年潮	0.00278	0.29	229.55	
一日潮	0.977	0.075	—	日本海における大潮差 0.10
半日潮	1.96	0.057	—	" 0.15

表3 潮における潮位係数

*1) 比例計算値 *2) シュミレート値

調査地点	周期区分	f(1/日)	A(m)	α (度)
開田橋	一年潮	0.00278	0.23 *1)	229.55
	一日潮	0.985	0.059	—
	半日潮	1.96	0.045	—
昭和橋	一年潮	0.00278	0.075	229.55
	一日潮	0.985	0.019 *2)	—
	半日潮	1.96	0.015 *2)	—
初 崎	一年潮	0.00278	0.075	229.55
	一日潮	0.985	0.019 *2)	—
	半日潮	1.96	0.015 *2)	—
気 山	一年潮	0.00278	0.28 *1)	229.55
	一日潮	0.996	0.073	—
	半日潮	1.95	0.055	—
三 方	一年潮	0.00278	0.075	229.55
	一日潮	0.996	0.020 *2)	—
	半日潮	1.95	0.015 *2)	—

半日潮との周期差が大きいことから同時に解析を行うと高振動数側のフーリエ線スペクトルは誤差が大きくなる。このため、年変化と日変化とを区別して解析を行った。

この結果、日本海での大潮差と比較すると若干低値であるが、地形等を考慮すると満足できる値であると考えられる。

3.2 開田橋の変動係数

図6に湖水面の変動(上段)および周波数分析(下段)の結果を示した。湖面変動は海域に比べて降雨の影響を大きく受け、図5に比較して変動およびノイズが非常に大きいことがわかる。そこで、図6に日降水量の値を棒状で示し、降雨影響の少ない部分を抜き出し図7に示した。周波数分析区間もノイズの部分を削除して行うことにより良好な結果を得ることができた。

湖における変動係数の一覧を表3に示した。ここで、*1) マークは表2からの比例計算値、*2)は2.2を用いたシュミレート値である。

3.3 気山の変動係数

図8、および、表3に3.2と同一手法で求めた結

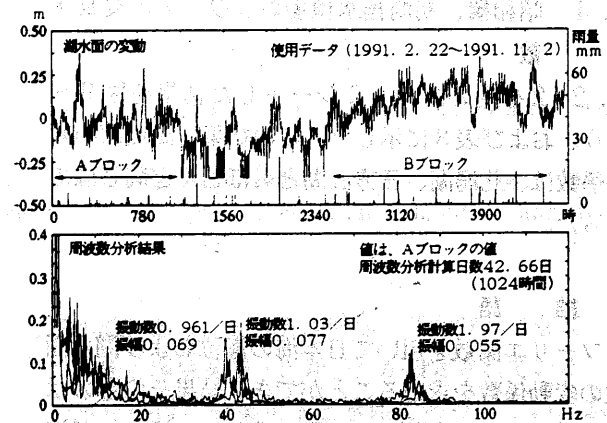


図8 気山の周波数分析結果

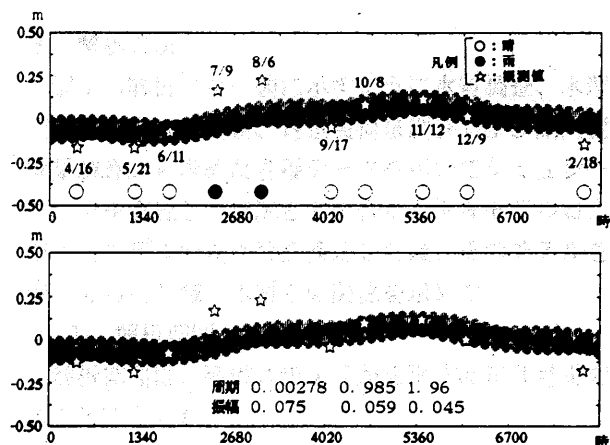


図9 初崎揚水機および昭和橋の周波数分析結果

上段：初崎揚水機上 下段：昭和橋 使用データ1991.4～1992.2

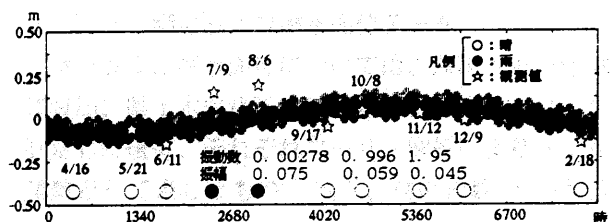


図10 三方の周波数分析結果

使用データ1991.4～1992.2

表3中、開田橋と比較すると振幅の結果が若干大きい。このことは、気山の方が海域の影響が大きいと考えられ、塩素イオン濃度⁵⁾が高いことからもうなずける(久々子湖年平均値4500mg Cl/l、北潟湖北部年平均値2350mg Cl/l)。

2.2.2を用いてシュミレートした結果を図9～10、および表3に示した。この結果、湖奥部の変動係数は、北潟湖、三方五湖ともほとんど同じ値であった。

フーリエ関数を用いて日本海の潮位および湖水面位の変動係数を求めることができ、結果そのものは富栄養化汚濁解析¹⁾²⁾の水理モデルの一部として使用し良好な結果を得ることができた。

参考文献

- 1) 宇都宮高栄：「平成3年度基準 富栄養化汚濁解析報告書」，福井県環境センター、1992.
- 2) 吉川昌範他：湖沼水質シミュレーションの開発，福井県環境センター年報，22，p. p. 61-71. 1992.
- 3) B、ボルチC、ファング：「応用多変量解析」，p. p. 234-263，森北出版，1976.
- 4) 川上満夫：「活図」，(株)エバ・グリーンソフト開発部編，東京，1991.
- 5) 東京天文台：「理科年表」，P668，丸善，1989.
- 6) 福井県環境センター：「福井県環境センター年報」，21，運営資料 p. p. 169-172. 1991.