

II - 40

十三湖湖水流動解析

八戸工業大学 学生員○関野 純一 岡田 義行
正会員 佐々木幹夫

1. 研究の目的

十三湖は、十三潟ともよばれ、青森県津軽半島西部の岩木川河口に位置し、湖沼面積：20.6km²、水面標高：T.P.0 m、最大水深：1.5 m、平均水深：0.8 mと浅く、流入河川は7河川あり、年平均気温：9.4℃、年平均降水量：1,113mmで水戸口で日本海に接する汽水湖である。この十三湖の湖水流動特性がどのようなになっているか、又、満潮時と干潮時での外海からの流入出がどのように変化しているかを数値計算で検討することを目的としている。

2. 計算方法

運動を支配する基本方程式として、連続の式と海面上下運動によって生じる流れの運動方程式を用いる。連続の式には、流入出する河川（岩木川、山田川）の流量を考慮する手法を取った。式には、底面摩擦力、コリオリ力、渦粘性力を加えた。そしてこれら全てを考慮した場合、しない場合。底面摩擦力、コリオリ力、渦粘性力のいずれか一つを除いた時の流れの変動を比較し、どの場合の影響が大きく作用するかを検討してみる。ここに、運動方程式および連続の式を式（1）、（2）、（3）に示す。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Hu}{\partial x} + \frac{\partial Hv}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{gu \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{gv \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0 \quad (3)$$

ここに、 (x, y, z) ：海面空間座標、 ζ ：水位、 h ：水深、 f ：コリオリのパラメータ
 u, v, A_h ：それぞれ $-h \leq z \leq \zeta$ の間で平均化された水平流速成分と水平渦動粘性係数、 C ：海底粗度に関するシュジュー係数、 g ：重力加速度、 $H = h + \zeta$ 、ただし h は平均水深、 ζ は潮位で平均水面からの鉛直変位で示される。

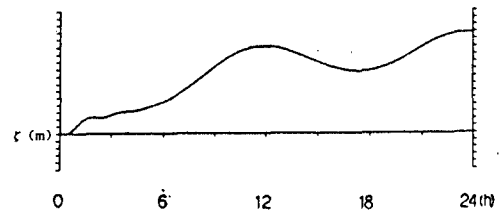
3. 十三湖、流れの計算における結果

外海潮位の周期を12時間とし、水戸口の水位が同周期で、振幅が0.2mで変動する場合の計算結果についてみる。

図1. (a)、(b) は、水戸口付近の水位を表したもので横軸に時間、縦軸に水位をとった。図1. (a) は河川の流量を考慮していない図であり、図1. (b) は、河川の流量を考慮した図である。図1. (a) の水位の変動は海の満潮、干潮の影響を受たため、この様な結果となった。図1. (b) は (a) に、岩木川の流量として、100m³/sを与えたものである。その結果、水位はかなり大きくなった。計算では、干潮時の水戸



図1.(a) 河川流量がない場合

図1.(b) 河川流量がある場合
(岩木川 100m³/s)

口水位の絶対値が満潮時と同じになるものとして
いるが、実際には干潮時にはもっと低くなること
を意味している。

図2. (a)、(b)は、流況図である。図2.
(a)は3時間後の流況図であり、水戸口の流
れは逆流を示している。図2. (b)は18時間
後の流況図であり、水戸口の流れは順流を示し
ている。(a)は、岩木川の流れに対し、水戸口か
らの流れが打ち消し合い、岩木川付近の流速はさ
ほど大きくなっていない。それに対し(b)は、
水戸口の流れと岩木川の流れが同じ方向であるた
め、岩木川付近の流速は大きく示されている。又
この計算には海の干潮時に岩木川流量を多くし、
満潮時に流量を少なくする条件を与えたことも、
流れに影響していると考えられる。(b)は岩木
川から水戸口へ大きな流れがあるために、出口で
ある水戸口には、かなり大きな負担がかかるもの
と思われる。

図2. (a)、(b)の結果より、水戸口の流
れが激しいため、水戸口の底面摩擦力を考慮した
場合としない場合の比較を図3に示した。横軸を
時間、縦軸を流速(u 成分)とし、逆流の流速を
正、順流の流速を負とした。コリオリ力、渦粘性
力はどちらも考慮されており、渦粘性係数を A_v
 $=10\text{m}^2/\text{s}$ 、底面摩擦係数は $n=0.026\text{m}^{-1/3}\text{s}$
と与えた。図より底面摩擦力の影響によって流れ
の勢いが弱まり流速が小さくなっていることが分
かる。水戸口は流れの速い場所であり、3mから
10mの水深がある。その結果、流速の差は小さい
が断面積との積で与えられる流量にはかなりの差
が出ていることになる。

その他の計算として、コリオリ力、渦粘性力の
いずれか一つを除いた場合を行ったが、底面摩擦
力を除いたときよりも差が小さく、この結果より
底面摩擦力が十三湖の流れに一番大きく影響を及
ぼしていると考えられる。

4. 結論

計算結果より、水深が浅い十三湖は、底面摩擦力による影響が最も大きいことが分かった。又、湖水とし
た水戸口付近の水位は、干潮時には外海水位の影響を強く受け、外海潮位が上下対称の水位変動を示しても
水戸口では、干潮時に大きく下がること分かった。

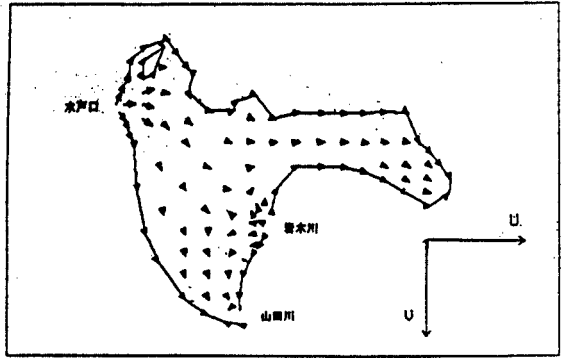


図2.(a) 流況図(3時間後)

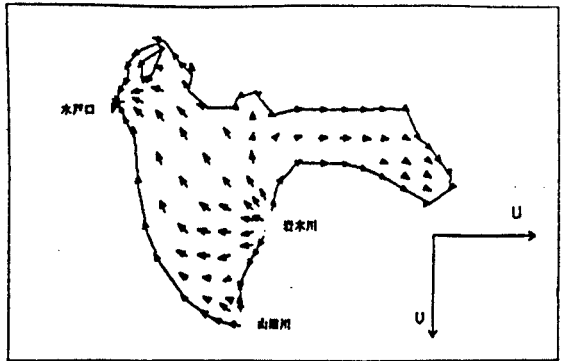


図2.(b) 流況図(18時間後)

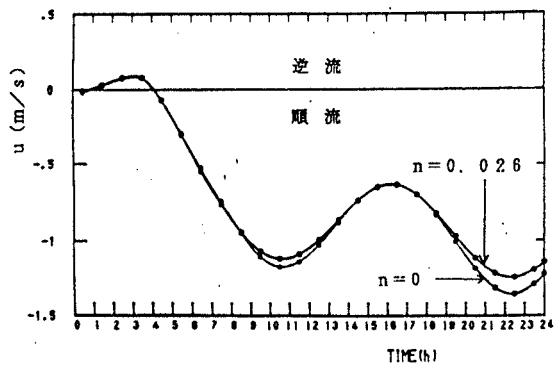


図3 水戸口での流速(u 成分)