

鳥取大学工学部 正 員 ○ 檜 谷 治
 鳥取大学工学部 正 員 道 上 正 規
 鳥取大学工学部 正 員 鈴 木 幸 一
 鳥取大学大学院 学生員 六 條 洋 司

1. はじめに

湖流を有限要素法を用いて解析する場合、対象とする湖を有限要素に分割する必要があるが、その際、一般に三節点三角形要素（線形補間）を用いて解析する場合が多い。しかし、対象とする湖によっては数多くの要素に分割する必要があり、計算機のメモリーや計算時間に問題が生じる。そこで、本研究はモデル湖において六節点三角形要素（二次補間）を用いた湖流解析を行ない、線形補間を用いた場合との比較検討を行なったものである。

2. 基礎方程式

対象とするモデル湖は図-1に示すような南北4km、東西1.6km、最大水深2mの浅い矩形湖とし、解析に用いる基礎方程式および境界条件は以下に示す Liggettらが提案したEkman-typeのものとした。

$$-fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \eta \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\text{運動方程式；} \quad fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \eta \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (2)$$

$$g = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (3)$$

$$\text{連続式；} \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$\text{境界条件；} \quad \text{湖底面}(z=-H) \text{で } u=v=w=0 \quad (5)$$

$$\text{水面}(z=0) \text{で } \eta \frac{\partial u}{\partial z} = \tau_x, \eta \frac{\partial v}{\partial z} = \tau_y \quad (6)$$

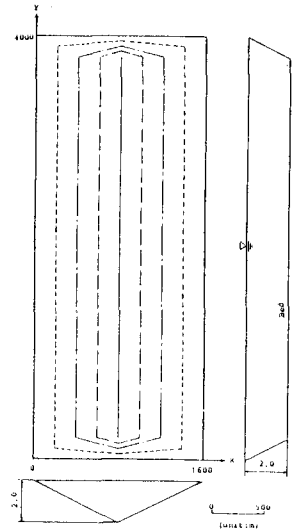


図-1 断面形状及び深度分布

ここに、 x （東方に正）、 y （北方に正）、 z （鉛直上方に正で、静水面で $z=0$ ）は座標軸で、 u 、 v および w はそれぞれ x 、 y および z 軸方向の流速である。 f はコリオリ係数、 η は鉛直渦動粘性係数、 H は水深、 τ_x および τ_y は風による水面でのせん断応力を水の密度 ρ で割ったものである。

3. 解析方法

解析方法は、(1)～(4)式を変形し流れ関数 Ψ を導入して得られるだ円型の微分方程式

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + A(x, y) \frac{\partial \Psi}{\partial x} + B(x, y) \frac{\partial \Psi}{\partial y} + C(x, y) = 0 \quad (7)$$

を有限要素法によって数値シミュレーションを行ない Ψ を求めるものであるが、その時に要素として六節点三角形要素を用いて、図-2のように湖を分割して行なう（要素数；160，節点数；357）。また、比較に用いる線形補間を用いた結果については、図-

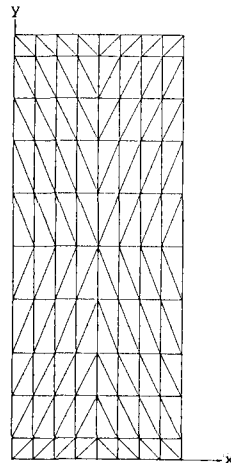


図-2 解析メッシュ
（二次補間及びTYPE 1）

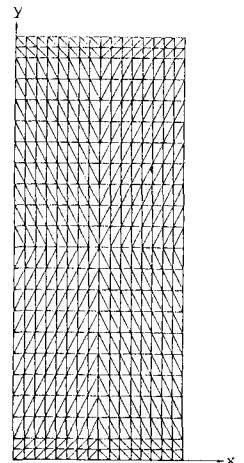


図-3 解析メッシュ
（線形補間；TYPE 2）

2のように分割した場合のもの（TYPE 1：要素数；160，節点数；99）と、図-3のように細かく分割したもの（TYPE 2：要素数；704，節点数；391）の2つの場合について解析を行なった。

4. 解析結果

図-4および図-5はそれぞれ二次補間を用いた場合と線形補間（TYPE 1）を用いた場合の鉛直方向の断面平均流速をベクトル表示したものである。また、風の条件は南の風 5 m/s である。両図を比較すると、南北両岸付近など流向が変化している場所で相違が生じており、二次補間を用いた方が現実の流れを示している。したがって、線形補間を用いた場合は断面平均流速の流向が大きく変化する場所で細かく分割する必要があると思われる。

つぎに、図-4に示すaおよびb地点における鉛直方向の流速分布を示したものが図-6の(a),(b)である。図中の実線が二次補間を用いたものであり、破線および一点鎖線はそれぞれ線形補間を用いたTYPE 1およびTYPE 2の結果を示している。まず、二次補間のものと線形補間（TYPE 1）のものを比較すると、当然のことながら平均断面流速が異なっている（a）地点で大きく異なっている。一方、メッシュを細かく分割したTYPE 2のものと比較すると、多少の違はあるもののほぼ同様な結果を示しており、これらの結果より、精度の面から考えると二次補間を用いると大幅に要素数を減らすことができるとと思われる。

また、計算時間の問題のついて、二次補間を用いた場合、線形補間（TYPE 2）を用いた場合よりも計算時間は少なく、二次補間の優位性が認められた。

5. おわりに

本研究は、潮流を有限要素法で解析する際において、二次補間を用いた場合と線形補間を用いた場合の比較を行なったものであるが、精度の面からも計算時間の面からも二次補間の優位性が認められた。また、線形補間を用いる場合は鉛直断面平均流速の流向が変化する場所で分割数を多くする必要があることがわかった。しかし、二次補間を用いる場合の問題点としては、基礎式を有限要素法で定式化を行なう際の複雑さが残されており、今後その方面の検討が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 檜谷、道上、鈴木：第38回年次講演概要集

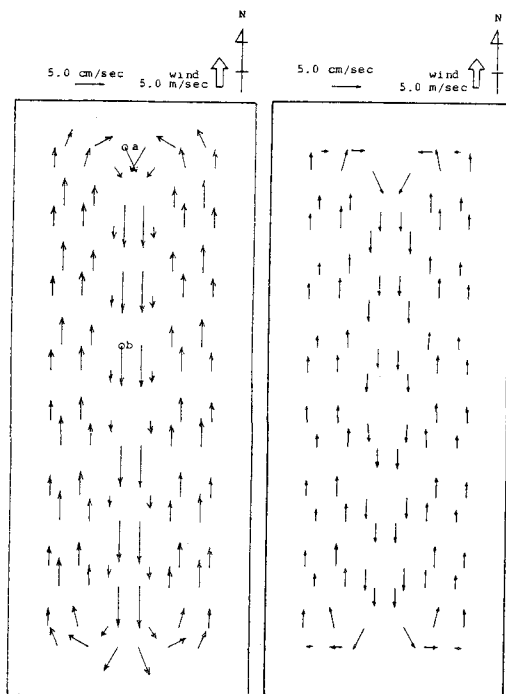


図-4 断面平均流速
（二次補間）

図-5 断面平均流速
（線形補間；TYPE 1）

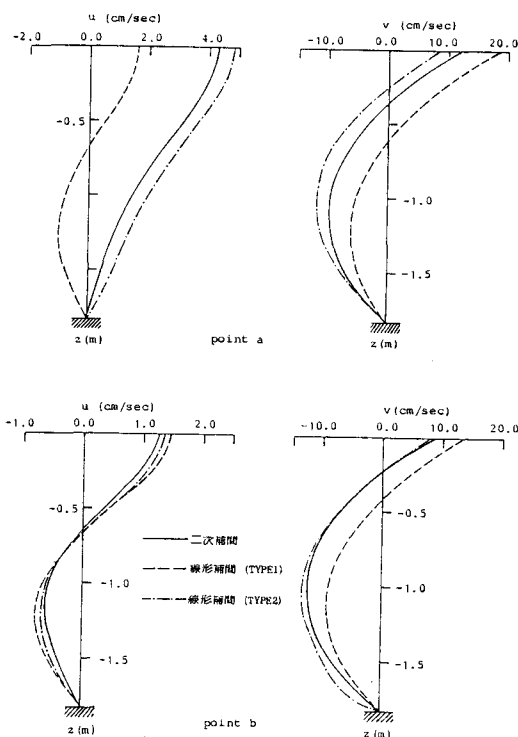


図-6 鉛直流速分布