

II-253

湖流の三次元数値解析に関する二、三の検討

京都大学大学院 学生員○若林 誠  
 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗  
 水資源開発公団 正 員 木下 昌樹

1. はじめに: 本報は、湖沼の流れを数値解析する方法の一つとして、適用範囲の広がってきた三次元数値解析法の汎用性をより高めるとともに長期間にわたる解析を可能にすることを目的とし、その基礎的段階として、差分法によって数値解析する方法のうち、特に水深方向に静水圧分布を仮定した三次元解析について、効率の面からいくつかの検討を行ったものである。本報では、時間差分のとり方、また本報で扱うような流れではもっとも影響の大きい圧力項のbarotropicな成分の計算法、および移流項の計算法に注目した。時間差分については、leap-frog法<sup>1)</sup>およびAdams-Bashforth法を用い、barotropicな成分の計算法にはimplicitな解法およびexplicitな解法を、移流項についてはDonor cell法およびQUICK法を適用し、おのおのの特徴を計算を実施した結果によって比較、検討する。さらに、これらの手法を組み合わせ、オペレーター・スプリッティング法<sup>2)</sup>による計算を実施し、その結果について吟味を行う。なお、計算の対象としたのは琵琶湖北湖である。

2. 計算条件: 本報では、従来より用いられてきた基礎式<sup>1)</sup>を用い、時間差分、barotropicな成分および移流項の計算法をそれぞれ組み合わせて、表1の5ケースを比較した。まず、時間差分については、

\* leap-frog法

$$\frac{X^{n+2} - X^n}{2\Delta t} = F^{(n+1,n)}$$

\* Adams-Bashforth法

$$\frac{X^{n+1} - X^n}{\Delta t} = 1.5F^{(n)} - 0.5F^{(n-1)}$$

の2つの方法、圧力項におけるbarotropicな成分については、圧力および水位を次のように表して、

$$\bar{p}_{i+1/2,j+1/2}^k = \rho_0 g \zeta - \sum_{m=1}^{k-1} \Delta \rho_{i+1/2,j+1/2}^{m+1/2,n+1} \Delta z_{i+1/2,j+1/2}^m g$$

$$\zeta = (1 - \theta)\zeta^n + \theta\zeta^{n+2}$$

$\theta = 0.75$ を採ったimplicitな解法および $\theta = 0$ と採ってexplicitとした解の2つを考え、それぞれを組み合わせた。計算を行うに当たっての各種の条件は以下のようなものである。初期条件として湖を基準水位(T. P. + 84.5 m)で静止させ、水深方向には成層のある水温分布を水平面内には一様に与えた。また外力として計算開始から12時間にわたって5.0 m/secの南西の風を吹かせた。移流項の上流差分の程度をしめすパラメータ $\theta$ には $\theta_h = \theta_v = 1.0$ を与えた。計算時間は15日間(360時間)とした。なお、計算実行に当たっては京都大学大型計算機センターのベクトル・プロセッサ-FACOM VP-400Eを使用し、一部比較のためFACOM M-780/30を使用した。

	時間差分	barotropic成分	移流項	$\Delta t$
CASE1	leap-frog	implicit	Donor cell	600
CASE2	Adams-Bashforth	implicit	Donor cell	600
CASE3	Adams-Bashforth	explicit	Donor cell	20
CASE4	Adams-Bashforth	implicit	QUICK scheme	600
CASE5	Operator splitting	implicit	Donor cell	600

表 1

	CPU-time (sec)	system
CASE1	132	FACOM VP-400E
CASE2	117	FACOM VP-400E
CASE3	2528	FACOM VP-400E
CASE4	134	FACOM VP-400E
CASE5	165	FACOM VP-400E
CASE2	193	FACOM M-780/30

表 2 所要計算時間

### 3. 計算結果:

(1) 計算の結果、5 ケースいずれにおいても、内部ケルビン波あるいはコリオリ力による流向の回転といった現象を再現できることが知られた。

(2) CASE 1 の leap-frog 法と CASE 2 の Adams-Bashforth 法との比較では、両者の結果の間に大きな差異はなかった。しかし、leap-frog 法では計算の安定のために松野の方法を取り入れているため、所要計算時間がその分だけ Adams-Bashforth 法より余分にかかることが知られた。

(3) barotropic な成分における implicit な解法 (CASE 2) と explicit な解法 (CASE 3) の比較では、図 1 にみられるように、周期の短い (7.5 分程度) 静振は explicit な解法では明瞭に計算されたが、implicit な解法では約 3 時間で減衰してしまうことが知られた。しかし、explicit な解法では、C. F. L. 条件によって  $\Delta t$  が厳しく制限されるため、implicit な解法に比べ膨大な時間が必要とされることが知られた。(表 2)

(4) 移流項の差分法に Donor cell 法を用いる計算 (CASE 2) と QUICK 法を用いる計算 (CASE 4) の比較では、両者の結果に大きな差異はなかった。しかし、図 2 より、内部ケルビン波の影響がみられる沿岸付近の流速が大きい流れにおいては、第 9 層の流速についてわずかな差がみられ、移流項の評価法の違いの効果がみられた。

(5) CASE 5 のオペレーター・スプリッティング法を用いた計算では、他の implicit な解法の結果と大きな差異はなかった。しかし、所要計算時間という点において、他の implicit な解法の中ではもっとも時間がかかる結果(表 2)となり、この方法の利点を十分にいかせなかった。

(6) CASE 2 において VP 計算機と汎用計算機とを、所要計算時間によって比較した結果(表 2)から、本報で使用したプログラムのベクトル率がそれほど高くない (70-75% 程度) にもかかわらず、それでも VP 計算機を使用したほうが所要計算時間が約 40% 短縮されることが知られた。VP 向きのより能率のよいプログラムを組み、VP 計算機を有効に利用することが所要計算時間の短縮にとって肝要である。

4. おわりに: 三次元数値解析を長期間(たとえば 1 年程度)の解析に適用するとともに、実際の観測資料にもとづいた外力を与え、計算結果と観測値を比較することが今後の興味ある課題であろう。

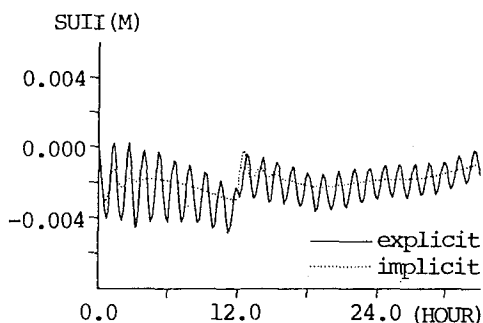


図 1 水位変動図 (CASE 2, 3)

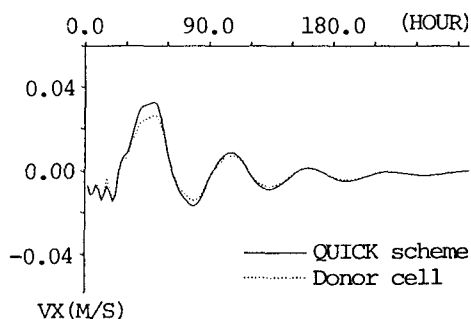


図 2 第 9 層流速変動図 (CASE 2, 4)

- <参考文献>
- 1) 岩佐 義朗、井上 和也、劉 樹坤、阿部 徹: 琵琶湖湖流の三次元的な解析、京都大学防災研究所年報、第 26 号 昭和 58 年 4 月、pp. 531-542
  - 2) 申 輝華、岩佐 義朗、井上 和也: 湖の流れの数値解析に関する基礎的研究、京都大学防災研究所年報、第 31 号 昭和 63 年 4 月、pp. 575-588