

II-411

有明海の潮流解析における2段階陽解法の特性

建設技術研究所 正員 ○高田 晋
佐賀大学 正員 荒牧 軍治
佐賀大学 正員 古賀 勝喜

1. まえがき

有明海は中央部で直角に屈曲した閉鎖的な水域で、世界有数の干満の差が生じる特異な海域である。本研究は有明海の潮流解析に用いた選択集中マトリックスを導入した2段階陽解法が、有明海の固有周期の影響を受けて非常に特異な特性を示すことを明かにし、併せて観測値との比較を行うものである。

2. 選択集中マトリックス

支配方程式である浅水方程式の連続の式と運動方程式を、ガラーキン法、2段階陽解法を用いて有限要素法に離散化する。その全体マトリックス $[M]$ を川原¹⁾が提案した選択集中係数 e を用いて次式により置き換える。

$$[\tilde{M}] = e[\bar{M}] + (1-e)[M]$$

ここに、 e ：選択集中係数

$[\tilde{M}]$ ：選択集中マトリックス

$[\bar{M}]$ ：対角集中マトリックス

$[M]$ ：質量マトリックス

3. 有明海における2段階陽解法の適用

図-1に示す有限要素メッシュを用い、海上境界 Γ_2 で周期12時間、振幅1mの正弦振動を与えた。518点（佐賀大学観測塔）における水位振幅の時間刻み Δt と選択集中係数 e による変化を示したものが図-2である。何れの時間刻みにおいても選択集中係数が小さくなるに従って潮位振幅が急激に減少している。言い換えるとある選択集中係数の下では時間刻みが小さくなるに従ってほとんど水位が上昇しなくなっている。海上境界として設定した地点と観測点との水位振幅の比は約1.8倍と観測されているので、観測値を良く表現する解は発散する条件の極く近傍でのみ得られることになる。このことは有限要素サイズが大きい時にはそれほど顕著でなく、有限要素サイズが小さくなるに従って顕著になる。

4. 有明海の固有周期

有明海は大潮満潮時には潮位差が6mにも達する。この原因は有明海の固有周期と潮汐運動との共振現象であると言われている。このことを確かめるために海上境界における振幅1.2m（大潮満潮時）の強制正弦振動の周期を2時間から20時間と変化させた時の各地点の最大振幅を求めた。図-3から明らかなように湾奥部の何れの地点も11時間近くで振幅最大値を示し、有明海の大きな潮位の原因が有明海の固有周期が潮汐現象の周期と非常に近いことによる共振現象であることが明かになった。図-3には有明海の西に隣接する橘湾の応答値も示しているが、顕著な共振現象は示していない。

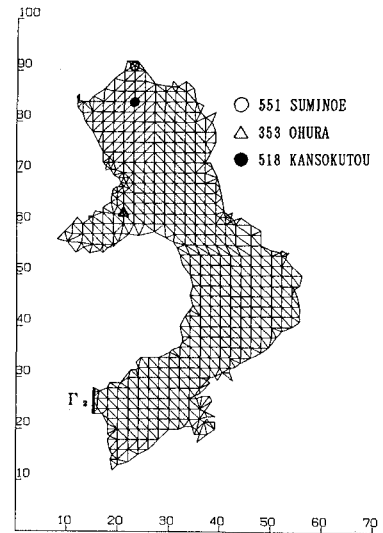


図-1 有明海の有限要素メッシュ

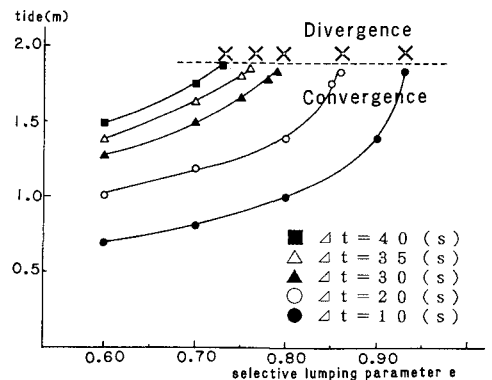


図-2 有明海湾奥部の Δt 及び e による潮位変化

5. 有明海と橘湾における解の収束性

上記の共振解析の課程で、橘湾の水位振幅が時間刻みに全く依存せず、極めて安定した解が得られることが明かになった。このことから、有明海において時間刻みを小さくすると水位振幅が急激に低下する現象は有明海の共振現象と関係があるのではないかと考えた。このことを明かにするため、海上境界における周期 T を2時間、12時間、20時間と変化させたときの時間刻みによる解の安定性を調べた。図-4に示すように、周期12時間では時間刻みを小さくするに従って水位振幅が急激に変化するのに対し、固有周期と大きく離れている周期20時間ではその低下の割合が小さくなり、周期2時間の強制振動に対しては、時間刻みによらず非常に安定した解を示すことが明かになった。このことは、3節で示した有明海の水位振幅が時間刻みが小さくなるに従って非常に小さくなる現象は、解析に用いた2段階陽解法そのものの特性ではなく、2段階陽解法を共振する海域に適用する際に起こる特異な現象であることが明かになった。

6. 観測値との比較

各地の潮汐現象は分潮と呼ばれる数十種の余弦振動の和で表現することができる。藤本³⁾は多くの観測値から有明海の潮汐現象が主要4分潮である主太陰半日周期 M_2 、主太陽半日周期 S_2 、主太陰日周期 O_1 及び日月合成日周期 K_1 の合成波で十分に表されることを示し、各分潮波の有明海における定数を示した。この合成波の式を用いると、過去から未来にわたる任意の時刻の潮位を計算することができる。

口之津における潮位振幅を海上境界に与えて解析し、観測塔位置における有限要素解と合成した潮位変動とを比較する。図-5、6に示すように、小潮時にはほぼ一致しているが、大潮時には引き潮時の水位振幅が有限要素解の方が小さな値を示している。これは、最初に与えた水深データの近似の影響によるものと考えられる。

参考文献

- 1) Kawahara, M., Hirano, H. and Tsubota, K. 1982. Selective lumping finite element method for shallow water flow. International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol.2, pp.89-112
- 2) Pinder, G.F. and Gray, W.G. 1977 Finite Element simulation in Surface and Subsurface Hydrology. Academic Press, New York.
- 3) 藤本 昌宣 1990 有明海における潮汐の特性、農業土木学会誌、第58巻第4号

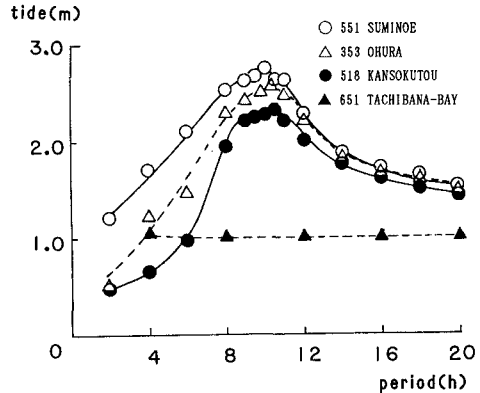


図-3 有明海及び橘湾の応答曲線

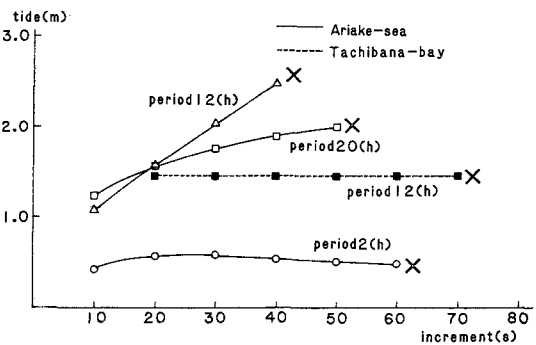


図-4 強制振動周期の違いによる解の安定性

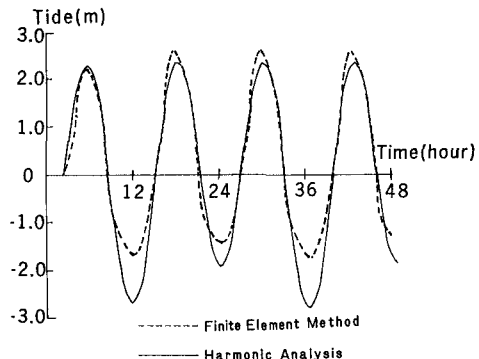


図-5 観測塔における大潮時の潮位変化

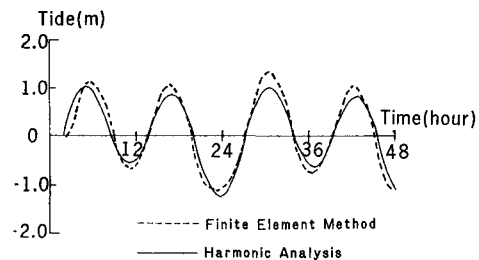


図-6 観測塔における小潮時の潮位変化