

有明海の潮流解析

佐賀大学 学生員○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

有明海は中央部ではほぼ直角に屈曲した閉鎖的な水域で、世界有数の干満の差を生じる特異な海域である。本研究は、この大きな干満の差が有明海の形状による共振現象であることを明らかにするとともに、佐賀大学農学部藤本氏が行った有明海の調和分解により得られた調和定数を用い、合成した潮位振幅を海上境界に与え湾奥の潮位変化を比較する。

解析には干潟の発達に伴い連立方程式全体を組み替える必要がある陰解法より、水深をゼロとしてマトリックス積のみで計算を行う陽解法の方が取扱いやすいので、本研究においては二段階陽解法に川原スキームを導入した潮流解析プログラムを用いる。

2. 川原スキーム

支配方程式である連続の式と運動方程式を有限要素法に離散化し二段階陽解法を用いて解き、その全体マトリックス $[M]$ を次式により置き換える。

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

ここで、 e : 選択集中係数 (一般に $e = 0.9$ である。)

$[\tilde{M}]$: 選択集中マトリックス

$[M]$: 集中マトリックス

$[M]$: 質量マトリックス

3. 固有周期解析

海図を用いて有明海および橋湾を図-1のように節点数699、要素数1149にメッシュ分割を行い、それを解析領域とする。各節点の水深は、海図から読みとった値を用い、海図に水深が表示されていない箇所にある節点においてはその周囲の水深より平均を出し用いる。解析データは選択集中係数 $e = 0.9$ 、時間区分 $\Delta t = 40$ (s) を用い、海上境界において潮位の強制変位として振幅1.0 mの $\sin$ 波を与え、海上境界に与える潮位振幅の周期が有明海内の潮位振幅に及ぼす影響を比較する。潮位振幅の周期を2時間から20時間と変化させ、解析する時間は4周期分とし、有明海内の任意の3点と橋湾中央部における最大潮位を調べる。

図-2を見て明らかのように、橋湾では周期の変化により最大潮位はほとんど変化しないのに関わらず、有明海内の3点では、周期が約10時間から11時間で2.5 m程度の最大潮位を示していることが分かる。これにより有明海で非常に大きな干満の差を生じるのは、有明海特有の形状による固有周期と実際の潮位変動とが共振しているからであると考えられる。

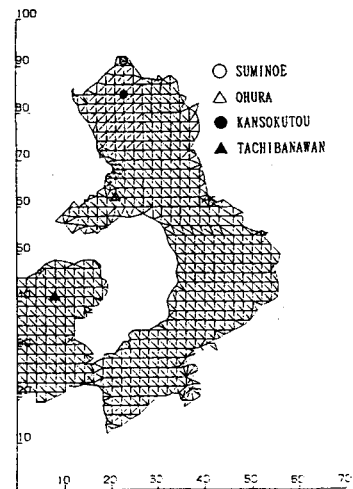


図-1 解析に用いたメッシュ図

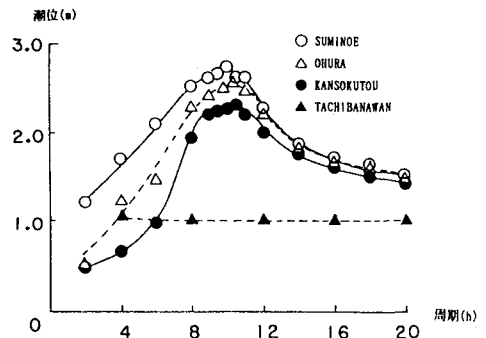


図-2 周期による最大潮位の変化

3. 調和定数を用いた解析と有限要素解の比較

固有周期解析の結果を見て分かるように、この潮流解析プログラムは非常に良く有明海の特性を表していることが分かる。さらに実現に近い解析を行うために、口之津における調和定数を用いて合成した潮位変動を解析領域の海上境界に与える。潮汐運動は分潮と呼ばれる数十種の規則正しい余弦振動からなっていると仮定する。有明海の潮汐運動においては主要4分潮である、主太陰半日周潮 M_2 、主太陽半日周潮 S_2 、主太陰日周潮 O_1 および日月合成日周潮 K_1 の合成波で十分に特性が表れる。この4分潮の合成手順は次のように行う。

- ① 合成点の調和定数 (H 、 κ) 表-1 参照
- ② 合成時刻の決定
- ③ 各分潮の f 、 $V_0 + u$ の計算 公式により計算
- ④ 各分潮の R 、 ζ の計算 $R = f \cdot H$
 $\zeta = V_0 + u - \kappa$
- ⑤ 各分潮を合成する

$$\eta_j = \sum_{i=1}^4 R_i \cos(\omega_i t_j - \zeta_i)$$

この様にして合成された口之津の潮位振幅を海上境界に与えて解析し、それにより求められた佐賀大学農学部観測塔における潮位変動と観測塔位置における合成した潮位変動とを比較する。図-3、4に示すように大潮の場合と小潮の場合の解析を行った。小潮時はほぼ一致しているにもかかわらず、大潮時のマイナス側が小さくでている。これは最初に与えた水深データの影響を受けているためだと考えられる。しかしながら、この改良によりかなり実現に近い解析ができたと思われる。

4. まとめ

これまでの解析結果をみると、この潮流解析プログラムはかなり信頼性の高いものといえる。そこでこの解析により求められた有明海内の流速ベクトルを図-5に示す。

参考文献

- 1) 大西 和栄：パソコンによる流れ解析、朝倉書店、1986。
- 2) 藤本 昌宣：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、1990。
- 3) 佐田英一郎：二段階陽解法を用いた有明海の潮流解析、土木学会西部支部発表概要集、1989。

表-1 調和定数 H (cm)、 κ (deg) (藤本による)

分潮	口之津		観測塔	
	H	κ	H	κ
O_1	22.00	198.00	22.16	201.65
K_1	28.00	220.00	29.07	218.87
M_2	102.00	252.00	159.55	259.11
S_2	42.00	285.00	71.31	294.39

表-2 分潮の角速度 ω (度) (藤本による)

分潮	1 平均太陽時の角速度(度)
O_1	13.943036
K_1	15.041069
M_2	28.984104
S_2	30.000000

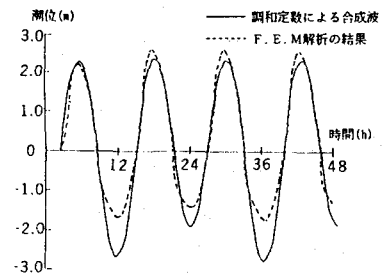


図-3 観測塔における大潮時の潮位変化

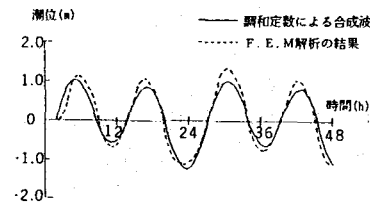


図-4 観測塔における小潮時の潮位変化

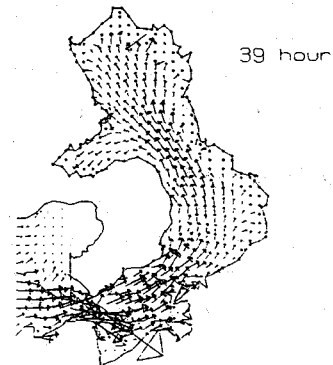


図-5 流速ベクトル図 (39時間目)