

長崎湾の副振動に影響する諸要因

長崎大学工学部 学生員 阿部 秀昭
 長崎大学工学部 フェロー会員 富樫 宏由
 長崎大学工学部 平山 康志

1. 研究目的

湾水振動には湾内に流れ込む河川、湾口付近に位置する島および外洋などの地形的要因が影響している。我が国の顕著な副振動現象は外海の長周期波が湾内の振動系によって増幅されるだけでは要因分析が不十分で、対象としている港湾の地形的、自然的条件によって起こる共鳴現象についても検討しておくことは、河川および港湾整備計画を進める際に必要となる。本研究では、アビキと呼ばれる副振動の存在が知られている長崎湾を対象とし浦上川、五島灘および伊王島などによる湾水振動への影響について緩勾配方程式により有限要素法を用いて、振動モードを調べることを目的とする。

2. 理論および数値計算法

波は完全流体、微小振幅であると仮定する。図1のすべての計算領域における支配方程式は次の緩勾配方程式を用いる。

$$\nabla \cdot (cc_g \nabla \eta) + k^2 cc_g \eta = 0 \quad (1)$$

ただし、 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ 、 $i = \sqrt{-1}$ 、 η は複素振幅、 k は波数、 C は波速、 C_g は群速である。波数は波の角周波数および水深から分散関係式で求める。

数値計算は変分法に基づいた有限要素法を用いて行う。有限要素方程式を解く際に、まず対象問題の境界条件で式(1)の解を最小条件とする汎関数を以下のようを得る。

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_{\Omega} cc_g \left\{ \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right)^2 - k^2 \eta^2 \right\} d\Omega + \Pi_r \quad (2)$$

ただし、 Ω は対象問題の領域を表し、 Π_r は境界線積分に関する項であり、境界条件式を基に定式化する。計算領域を図2のように三角要素に分割し、各要素において既知量および未知量を共にその節点値と内挿関数の線形組み合わせで近似することにより汎関数 Π は、以下のように書き換えられる。

$$\Pi = \eta^T K \eta - \eta^T r \quad (3)$$

ただし、 η は未知の複素振幅の節点値で構成されるベクトル、 K は係数マトリックス、 r は境界条件に関連した既知のベクトルを表わす。式(3)を汎関数の

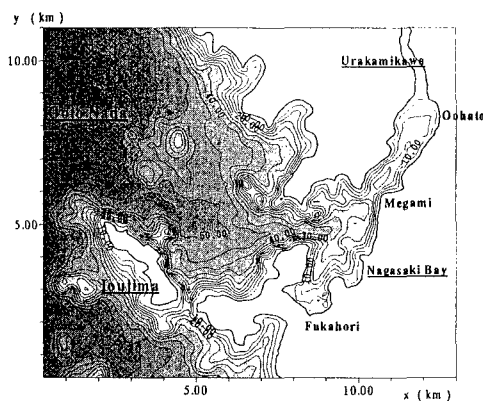


図1 計算領域および等水深図

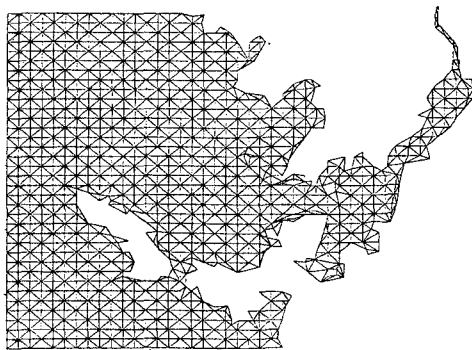


図2 メッシュ分割図

停留化条件を適用すれば、有限要素方程式：

$$K\eta = r \quad (4)$$

が得られる。これを強制境界条件も満たされるように修正して解くと、複素振幅が得られる。

3. 計算結果と考察

湾口から入射波を与えた場合、長崎湾のみ（浦上川を含まない）の計算結果から固有周期は湾奥部で最大となる30分、深堀で最大となる17分などであった。入力点から湾奥に向かって湾内中央部に引いた湾軸に沿うそれぞれの最大増幅率(Amax)に対する増幅率(A)とする振動モード図を図3に示す。ただし、Aは複素振幅 η の絶対値、Sは湾軸の距離、Tは入射波の周期である。

図1の計算領域（浦上川を含む）の入力点 $x=0$ から入射波を与えた場合、周期37.5分、22分、17分などの波により湾内は共振することがわかる。湾軸によるモード図を図4に示す。この場合に発生した周期22分モードを除くと、湾の振動モードの状況からそれぞれ前の図3に示す長崎湾の固有周期の30分、17分などに対応するものと考えられる。これは過去の観測結果から周期約35、23分のアビキが顕著に発生していることから妥当な結果が得られたと言えよう。周期37.5分モードを図5（図中の色の濃い部分は増幅率が大い）に示す。図5を見ると外海から水深の浅い方向へ増幅するため、湾内への入射波はこの等増幅率曲線にほぼ直行するようなルートを通して入ってくる事が確認できる。更に、浦上川によって相対的に湾内の増幅は低減されているが、河川内では大きく増幅する可能性があることがわかった。

4. 結論

長崎湾の副振動に対する河川や外洋などの地形的な影響を振動モードによって解析的に調べた。五島灘の水深変化や伊王島の回折現象などの影響によって、湾内への入射する方向や増幅の仕方が確認された。また、長崎湾と結合している浦上川は湾内の振動を和らげる役割があるが、水面の連続性から河川は増幅することがわかった。湾外に計算領域を広げることによって、伊王島や浦上川の影響と考えられる周期37.5、22分の波に引き起こされた振動モードが発生しており、実際の観測値に近い結果を得ることができた。

参考文献 1)余錫平・富樫宏由:湾水振動に対する河川の影響について、海岸工学論文集第43巻, pp.271-275,1996 2)水野公治:長崎湾の副振動に関する研究、長崎大学工学部卒業論文, 1995

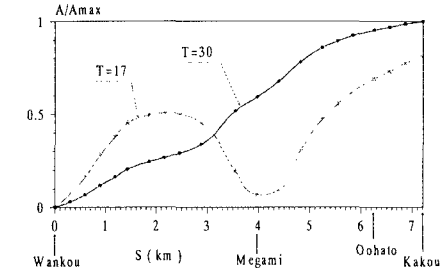


図3 湾軸に沿う長崎湾（浦上川を含まない）の固有振動モード

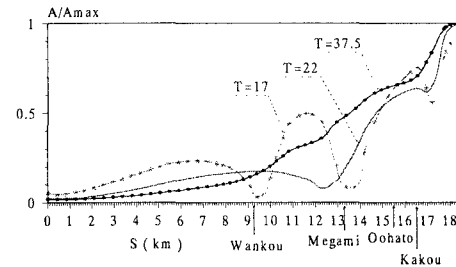


図4 湾軸に沿う（浦上川を含む）各振動モード

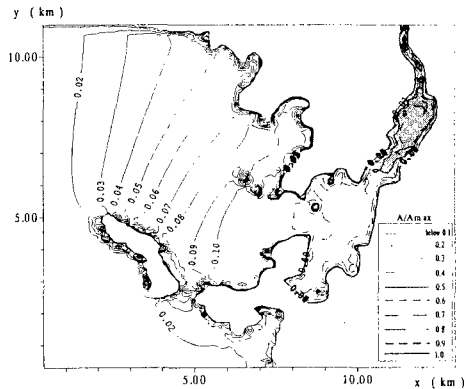


図5 周期37.5分振動モード図