

様々な形状の湾における湾水振動の数値解析

鹿児島大学工学部 学生会員 豊福大志

鹿児島大学工学部 正会員 柿沼太郎

1. 序 論: 長周期波が湾内に入射すると、数十分といった、湾形に固有の一定周期で海面が上下する湾水振動（副振動）が生じる。様々な湾形の湾に発生する湾水振動に関して、線形理論や水理実験等に基づく研究がなされており、例えば、前者には、合田（1963）が、後者には、堀川・西村（1967）がある。本研究では、湾水振動の非線形性を考慮した数値解析を行ない、様々な形状の湾が有する湾水振動特性を検討する。

2. 基礎方程式及び数値解析手法: 基礎方程式は、非線形浅水方程式系とし、差分法を用いて数値解析的に解く（白橋ら, 2007）。入射境界では、反射吸収造波による無反射境界条件を導入し、反射波を領域外に透過させる。また、海域内に設ける境界は、放射境界とする。他方、陸域境界では、完全反射条件を仮定する。

数値解析では、波高 0.2 m の様々な周期を有する単方向規則波を湾外水域の沖側境界から入射させ、各地点における波高増幅率を算出する。本論文において、波高増幅率 R は、各地点の波高を入射波波高 (0.2 m) で除した値として定義する。各湾の静水深は、20 m で一様とする。入射波波向きが湾口断面に垂直である場合を対象とする。計算格子間隔及び計算時間間隔は、それぞれ、 $\Delta x = \Delta y = 50$ m 及び $\Delta t = 0.5$ s とする。

3. 数値解析結果

(a) 湾副の異なる I 型湾: 図 1(a) のように、湾長 l が等しく、湾副の異なる I 型湾に対する湾奥の波高増幅率 R を図 2(a) に示す。これより、湾副が狭い程、第 1 及び第 2 モードの湾奥における R が高く、また、第 1 及び第 2 モードが現れる無次元波数 kl も大きくなることがわかる。ここで、 $kl = 2\pi l / T \sqrt{gh}$ である。

(b) 屈曲位置の異なる L 型湾: 図 1(b) のように、湾長が等しく、屈曲位置の異なる L 型湾に対する湾奥の波高増幅率 R を図 2(b) に示す。これより、第 1 モードの湾奥における R には、屈曲位置による違いが殆ど見られないが、一方、第 2 モードの湾奥における R は、屈曲位置が湾口に近い程、高くなることがわかる。なお、屈曲位置が湾口に近い $LA = 1,000$ 及び 1,200 m の場合に、湾長が等しい I 型湾よりも湾奥の R が高い。

(c) 湾口副・湾奥幅の異なる三角形湾: 図 1(c) のように、湾長が等しく、湾口副、または、湾奥幅の異なる三角形湾に対する湾奥の波高増幅率 R を図 2(c) に示す。湾奥幅の違いは、第 1 及び第 2 モードの湾奥における R に対して、あまり影響しないが、湾口副の違いによる影響は、両モードに対して顕著に現れている。

(d) 狭窄部を有する湾: 図 1(d) のような狭窄部を有する湾に対する各地点の波高増幅率 R を図 2(d) に示す。狭窄部が湾口に近い (d-1) の湾では、湾奥における R が、(d-2) の湾よりも第 1 モードが低く、第 2 モードが高くなっている。また、狭窄部の湾副が狭い (d-4) の湾の方が、(d-3) の湾よりも第 2 モードの湾奥における R が低くなっている。しかしながら、第 1 モードには、(d-3) と (d-4) の両者の湾にあまり違いがない。

(e) C 型湾: 図 1(e) のように、二つの I 型湾が矩形水路で接続された C 型湾に対する各地点の波高増幅率 R を図 2(e) に示す。この場合、二つの I 型湾部の湾奥において、それぞれの湾口から入射した波の位相が逆位相に近付くため、 R が I 型湾単独の場合（図 2(b)）よりも低減している。ただし、それぞれの湾口から入射した波の位相差は、湾内の各地点で異なり、I 型湾部の中央付近及び矩形水路の中央地点では、 R がやや高い。

4. 結 論: 非線形浅水モデルを適用した数値解析を行ない、様々な湾形の湾に発生する湾水振動特性の検討を行なった。湾副の異なる I 型湾、屈曲位置の異なる L 型湾、湾口副や湾奥幅の異なる三角形湾、そして、狭窄部を有する湾の各地点における波高増幅率を比較した。また、C 型湾のように湾口が複数存在する湾では、それぞれの湾口から入射する波の位相差により、波高増幅率が低減される場合がある。今後、湾内の静水深が一様でない場合を対象として、様々な形状の湾が有する湾水振動特性について検討を進めたい。

参考文献: 合田良実 (1963): 長方形および扇形の港の副振動について—フーリエ変換を用いた解法—, 第 10 回海岸工学講演会講演集, pp. 53-58.; 白橋朋大・柿沼太郎・浅野敏之・佐藤道郎 (2008): 甕島の分岐した湾で発生する長周期水位変動の数値解析, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 216-220.; 堀川清司・西村仁嗣 (1967): 枝分れのある湾の振動特性について, 第 14 回海岸工学講演会講演集, pp. 98-101.

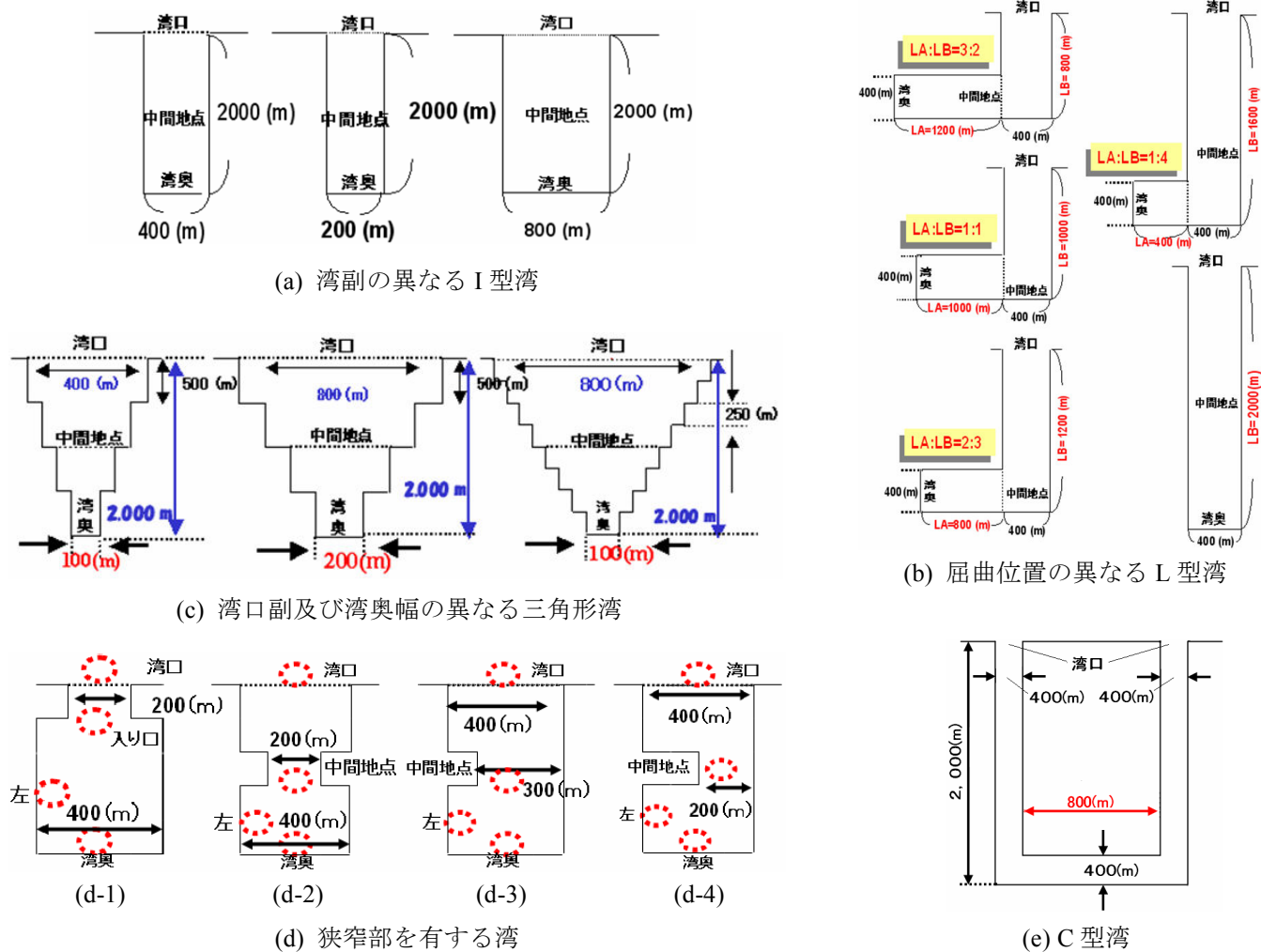


図 1 対象とした湾の湾形

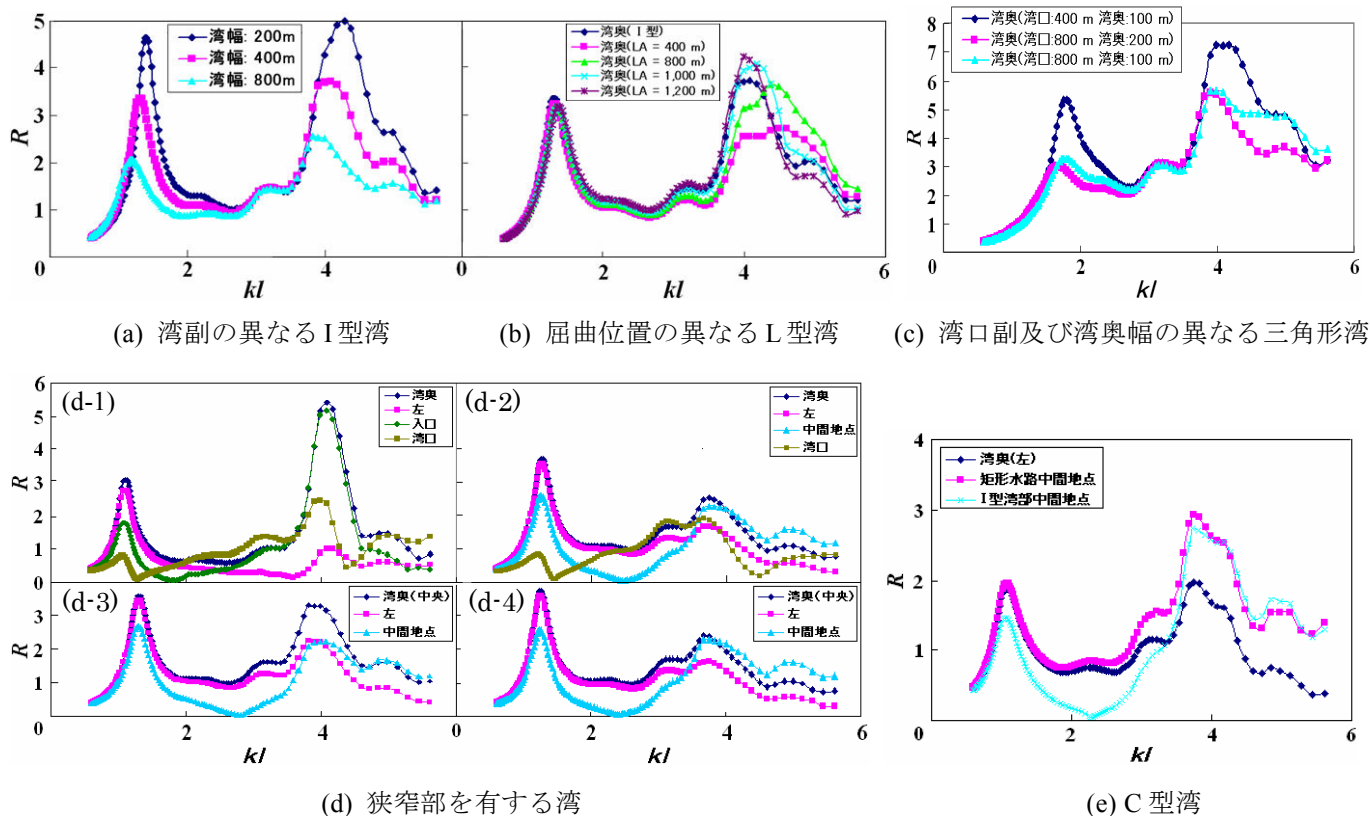


図 2 各湾の波高増幅率