

群体魚礁周辺の流況シミュレーション

大阪大学 工学部 正員 橋本 亨
大阪大学 工学部 正員 松見 吉晴
兵庫県庁 正員 林 健児

1. まえがき: 先に言うならば, 群体魚礁周辺の流況が魚礁間の干渉効果の大小により大きく変化する。2個の並列無孔角柱モデルの場合魚礁モデルの設置間距離の変化に伴って流況が3種類のパターンに分類できるとは振動流実験で明らかに¹⁾。そこで本研究は無孔群体魚礁周辺の2次元流況の数値シミュレーションにより, 求め, 流況変動に及ぼす魚礁間の干渉効果を明らかにしようとするものである。そして数値シミュレーションにある, 任意形状物体の表示に用いられている湧き出し分布法²⁾と物体背後の後流渦を表示する複数渦糸モデル法を併用して手法で行なう。

2. 解析方法: 本解析手法は魚礁周辺の流況をポテンシャル流と仮定し, それを表現する複素速度ポテンシャル ω を魚礁が無い場合の複素速度ポテンシャル ω_0 と魚礁表面の境界条件を満足させるために図-1に示すように魚礁表面上に分布させた湧き出しの複素速度ポテンシャル ω_k の和で与える。そして ω_k は次式で与えられる。

$$\omega_k = \frac{i}{2\pi} \sum_{l=1}^m D(Z_k) \log(Z - Z_k) \quad (1)$$

ここに, $Z_k \cdot D(Z_k)$ は湧き出し点の位置及びその強さ, m は湧き出し点の個数(ここでは $m=100$)である。なお魚礁モデル隅角部については図-1に示すように小さい曲率半径($r=0.1\text{cm}$)の円弧で近似している。一方, ω_k については次式で与える。

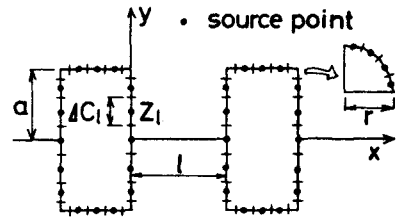


図-1 湧き出し点の位置

$$\omega_k = U_m \sin \omega t + \frac{i}{2\pi} \sum_{j=1}^N \Gamma_j \log(Z - Z_{jk}) - \frac{i}{2\pi} \sum_{j=1}^N \Gamma_j \log(Z - \bar{Z}_{jk}) \quad (2)$$

ここに, U_m は主流の最大速度, $\omega=2\pi/T$, T は振動流の周期, $\Gamma_j \cdot Z_{jk}$ は j 位置より発生した第 j 目の渦糸の循環(右廻りを正)と位置である。次に, 式(1)における湧き出しの強さ $D(Z_k)$ の決定は魚礁表面上に設置した湧き出し点 Z_k において法線方向の速度成分がゼロとなる境界条件から行なう。すなわち, ω_k から, 誘起される Z_k 点における速度成分 $u_k(Z_k) - i v_k(Z_k)$ とすれば, $D(Z_k)$ は式(3)の m 元連立方程式の解で与えられる。

$$u_k(Z_k) - i v_k(Z_k) = -\frac{1}{2} D(Z_k) \left| - \sum_{l=1, l \neq k}^m \frac{D(Z_l)}{2\pi} \frac{(x_l - x_k)x_k + (y_l - y_k)y_k}{(x_l - x_k)^2 + (y_l - y_k)^2} \Delta C_k \right. \quad (3)$$

ここに, $l=1, 2, \dots, m$, x_k, y_k は $Z_k = x_k + i y_k$ における単位法線複素数の x, y 方向成分, ΔC_k は魚礁表面を m 個に分割した線素分を表わす。この渦糸の発生位置については魚礁モデルが直方角柱であることからモデル隅角部より振動流境界層の厚 $\delta = (\sqrt{\nu T})/\pi$, ν : 動粘性係数)だけずらした位置の計4点とした。そして各渦糸の循環については物体表面上の境界層内の渦度流束により与えられた。その渦糸の移動については従来の渦糸に関する運動学的な方程式に基づいて算定している。

SAWARAGI TOURU, MATSUMI YOSHIHARU, HAYASHI KENJI

3 計算結果：図-2 (A・B・C)は上述した手法に基づき3種類の魚礁間距離 $l/L_c = 0.8, 1.4, 1.8$ に与する時間経過 $\Delta t = 135^\circ$ の計算結果を示したもので、図中矢印は各位置での流速ベクトル、米印と△印は各々前方魚礁と後方魚礁から掃き出された渦条の存在位置を示し、実線はこの計算結果より判定した後流渦領域を示すものである。なお同図A・B・Cの実験結果における流況はそれぞれ図-2に併記している流況パターンA-I・A-II・A-IIIに該当する。まずAの図では前方魚礁より発生した渦条(米)が後方魚礁まで到達し実験結果と同様1つの後流渦領域が認められる。Cの図では前方及び後方魚礁背後の後流渦領域が各々独立した形状を示し、A-IIIの流況パターンを再現していることがわかる。そしてBの図では前方及び後方魚礁より発生した渦条が個々の後流渦を形成しているが、前方魚礁背後の後流渦領域が後方魚礁前面まで達しており、全体としては実験結果と同様A-Iの流況パターンを再現していると思われる。次に、この解析手法を定量的に検証するため魚礁間距離の変に伴う後流長変化について実験結果と比較したのが図-3,4で、流況パターン領域についても併記している。図中 L_{cf} , L_{co} は計算結果より求めた前方及び後方の後流長, L_{cf}, L_{co} は実験結果のそれとをそれぞれ、 L_c, L_c は単体の場合の実験及び計算結果の後流長を示す。両図より前方の後流長については計算結果と実験結果の間に若干の一致が認められるが、後方のそれに関してはK-C数が大きい図-4で多少の差異がある。さらに流況パターン領域についてもK-C数の大きい場合は実験結果と異なっている。以上のことより本手法はK-C数の小さい場合は群体魚礁周辺の流況を定性的及び定量的によく再現し得るが、水平水粒子移動が増大するK-C数の大きい場合は渦条の減衰を考慮していないことから若干の問題が残っている。

<参考文献> 1) 榎本亨・松見吉晴：群体魚礁の背後流況について、関西支部年講、昭56。
2) 中村厚幸・榎本太司：中3出し分布法による渦力の算定法について、第34回年次講演会、昭56。

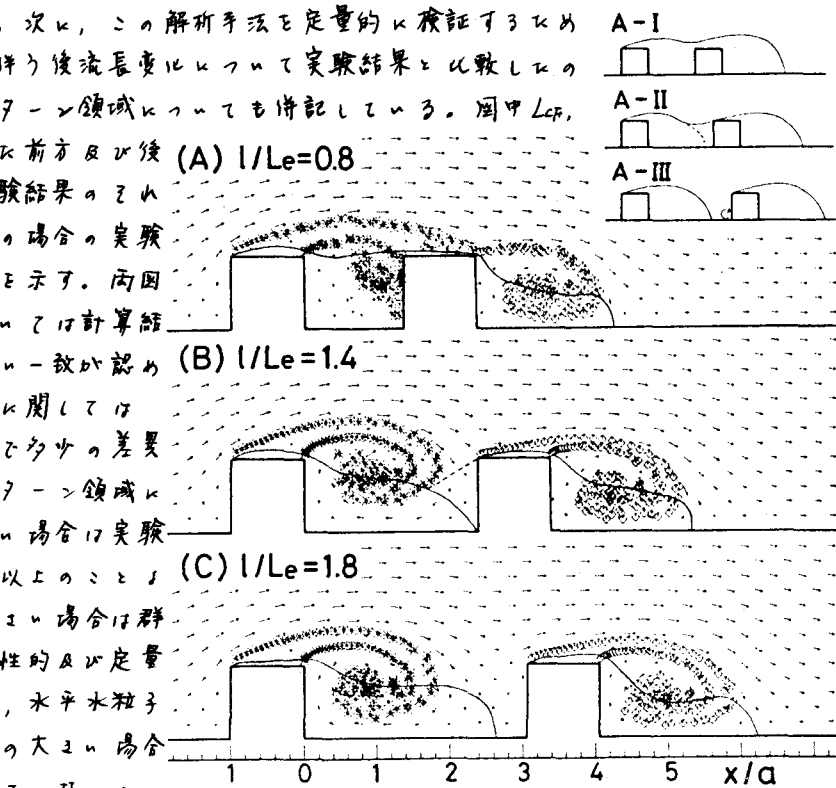


図-2 群体魚礁周辺の流況図(K-C = 8.4, Re = 4300)

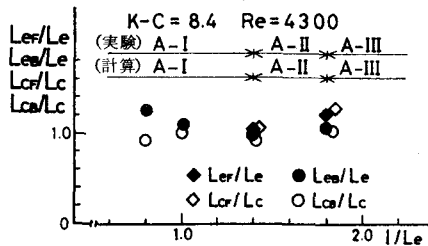


図-3 後流長と l/L_c の関係

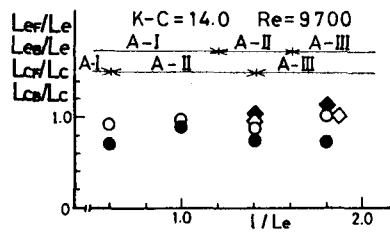


図-4 後流長と l/L_c の関係