

京都大学防災研究所 正 員 山 下 隆 男

京都大学防災研究所 正 員 土 屋 義 人

京都大学防災研究所 正 員 芝 野 照 夫

1. 緒 言 長期的な海浜変形を議論する場合、沿岸漂砂量を推定する必要がある、これは来襲波浪の砕波エネルギーフラックスと対応づけられることは周知のとおりである。一次元解析的な海浜変形を取り扱う場合には、砕波エネルギーフラックスの沿岸方向成分を正確に計算する必要がある、そのためには、(i) 沿岸漂砂量と砕波エネルギーフラックスの沿岸方向成分との関係、(ii) 砕波角の的確な評価、が必須となる。(i) に関しては、これまでに多くの研究がなされ、その方法論はほぼ確立されているといつてよいが、(ii) の場合には宇田らによって示された多項式による近似法が挙げられる程度であり、河口デルタ周辺のように汀線形状の複雑な場合には、その評価に多大の労力を要することになる。

そのため本研究では、フーリエ級数展開を用いて複雑な汀線形状を関数化することで、任意点に於ける砕波エネルギーフラックスの沿岸方向成分を計算する方法を提案し、その適応例を示す。

2. エネルギーフラックスの計算方法

波浪の変形計算法には、今日一般に波向線法、数値波動解析法、Wave action法等が用いられているが、ここでは波向線方程式及び波向線間隔方程式を解く、いわゆる波向線法を用いることとする。

図-1に示す座標系を用いて、入射波とx軸との成す角 θ 、沖波の波高 h_0 、周期 T なる波の変形計算を行うと、砕波エネルギーフラックスの沿岸方向成分 P_l は、次式で示される。

$$P_l = \frac{\rho g^2}{64\pi} T h_0^2 K_r^2 \sin 2\theta_b \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 K_r ；屈折係数、 ρ ；海水の密度及び g ；重力加速度である。

3. 砕波角の計算法

図-1に示すように、砕波点における波向線と汀線に立てた法線ベクトル $\vec{n}$ との成す角 θ_b (砕波角) を求めるためには、y軸と法線ベクトル $\vec{n}$ との成す角 α を求めればよい。そこで、汀線形状を $y_s = f(x)$ のように関数化することを考える。そのためのひとつの手法として、比較的容易でかつ近似度の高い、フーリエ級数展開を用いことにする。すなわち、計算領域において、格子点上に水深を与えJ軸上に汀線的位置を示す量を入力しておけば、等間隔の離散データとして、汀線的位置 $y_{s,i}$ を用いて以下のようにフーリエ分解することができる。

まず、 $y_{s,i}$ を周期データ化し、その周期を T_s とすると、離散フーリエ係数は、

$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{2n-1} y_s \left(\frac{T_s}{2n} k \right) \cos \left(\frac{\pi i}{n} k \right) & (i=0,1,2,\dots,n) \\ b_i &= \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{2n-1} y_s \left(\frac{T_s}{2n} k \right) \sin \left(\frac{\pi i}{n} k \right) & (i=1,2,3,\dots,n-1) \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

となり、フーリエ合成によって、汀線は次式のように関数化される。

$$y_s(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ a_i \cos \left(\frac{2\pi x}{T_s} i \right) + b_i \sin \left(\frac{2\pi x}{T_s} i \right) \right\} + \frac{a_n}{2} \cos \left(\frac{2\pi x}{T_s} n \right) \quad \text{----- (3)}$$

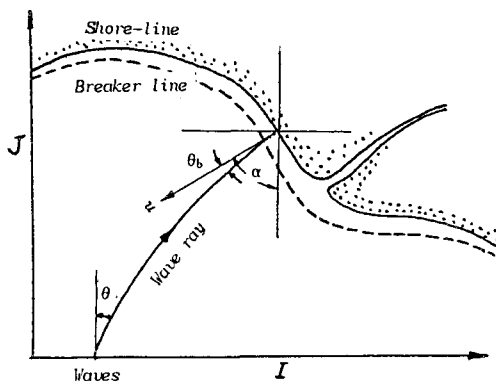


図-1 座標系及び記号

そのため、任意点 x における法線ベクトル n と y 軸との成す角 α は、

$$\alpha = \text{Atan} \left(\frac{y_{s,i+1} - y_{s,i-1}}{x_{i+1} - x_{i-1}} \right) \quad \text{----- (4)}$$

のように求めることができる。さらに、汀線上に等間隔点を設定する場合には、 $\sqrt{dx^2 + dy^2} = \text{const.}$ なる (x_i, y_i) 点を与えればよく、計算上極めて取扱が容易である。

4. 計算例 以上の方法を琵琶湖北部にある知内川河口デルタに適用した結果を以下に示す。

対象とする場所は、図-2の地点であり、波浪データは無いので、彦根気象台において観測された風データ（3時間毎の32年間の風向、風速）を用いてSMB法により沖波を推算し、時系列データを作成する。つぎに、これを用いて波浪の屈折計算をおこない、砕波点におけるエネルギーフラックスの沿岸方向成分 P_l を求める。この場合、 P_l の汀線に沿った分布を得るために、 $ds = \text{const.}$ となる点群を作成しておき（ $ds = 50 \text{ m}$ ）、これらの点上で P_l を内挿によって与える。以上の手順を図-3にフローチャートで示す。

図-4は得られた砕波エネルギーフラックスの沿岸方向成分 P_l の分布であり、正は、湖に向かって左方向の砕波エネルギーフラックスであり、負は右方向をしめす。この図から明らかなように、 P_l の分布は滑らかであり、かつ河口部に沿岸漂砂が集中する傾向にある事が良く示されている。従来の計算では、 P_l のバラツキが大きいため、移動平均等によって、これを平滑化していたが、ここで提案した方法によると、このような操作は必要無いものと思われる。

5. 結 語

以上、河口デルタ周辺の砕波エネルギーフラックスの沿岸方向成分の計算における、フーリエ分解・合成による砕波角の評価法を用いた計算手法を提案し、適応例によって、その有用性を示したが、この方法は、一次元海浜変形モデルにも有効であると考えられ、この種の解析に今後広く活用されるものと思われる。なお、本計算は京都大学防災研究所宇治川水理実験所の水理実験解析システム（NECスーパーミニコンピユーター MS-190）によって行なった。

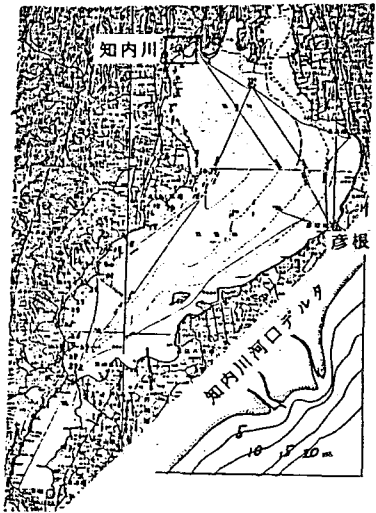


図-2 知内川河口デルタ
の位置

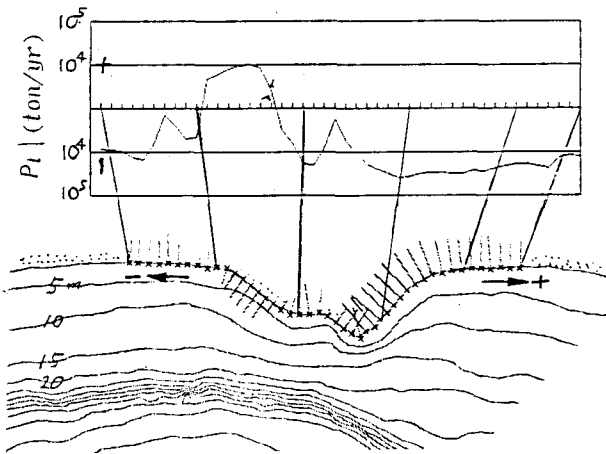


図-4 知内川河口デルタ周辺の砕波
エネルギーフラックスの沿岸方向分布

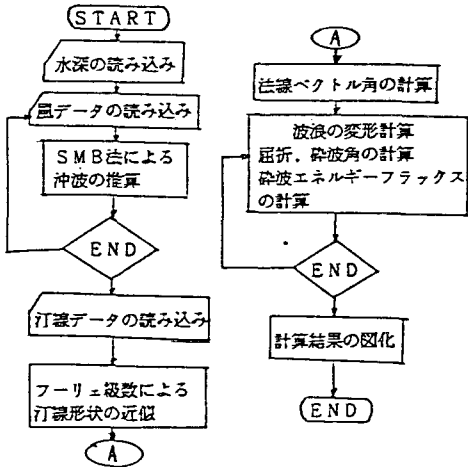


図-3 フローチャート