

## ビルトイン MagicProcessorK の処理手法

MagicProcessorKは、Wave Hunterの測定データ、水圧変動(  $p$  )、E流速変動(  $u$  )、N流速変動(  $v$  )、水位変動(  $\eta$  )を下記の要領で処理しています。

### 波高について

波高検出にはゼロアップクロス法を使用しています。基準となる波形データのゼロ線は、潮位変化の影響を考え、最小自乗法によって求めた1次式をあてはめています。  $N$  : データ数

$$\bar{\eta} = A_0 + A_1 i \quad i = 1, 2, \dots, N$$

実際のゼロアップクロスの処理に使用する値は、サンプルデータ値(  $\eta^i$  )から、 $\bar{\eta}$  を差し引いた値(  $\eta^*$  )を用いています。

$$\eta^* = \eta^i - (\bar{\eta})$$

統計波は、測定時間内に検出された波(波数:  $N$  )を大きい順に並び換え、以下の代表波を求めています。

最大波	最も高い波の波高、および周期
1/10 最大波	大きい波から、 $N/10$ 個までの波の波高、および周期の平均値
有義波	大きい波から $N/3$ 個までの波の波高、および周期の平均値
平均波	全ての波の波高および周期の平均値

波形統計量として、標準偏差(  $\eta_{rms}$  )、歪み度(Skewness  $\sqrt{\beta_1}$  )、尖鋭度(Kurtosis  $\beta_2$  )を下式で算出しています。

$$\eta_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta^{*2}} \quad \sqrt{\beta_1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta^{*3} / \eta_{rms}^3 \quad \beta_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta^{*4} / \eta_{rms}^4$$

また。水圧変動は、FFT法により、水位変動に変換してから、波高を算出しています。水圧変動のフーリエ係数に下記の波浪伝達関数の逆数を乗じて、逆FFTし、水位変動波形にしています。そしてゼロアップクロス法により、波高を検出しています。

$$\rho g \frac{\cosh kz}{\cosh kh}$$

$\rho$  : 海水密度、 $g$  : 重力加速度、 $k$  : 波数( $k = 2\pi/L$   $L$  : 波長)、 $z$  : 海底面からの高さ、 $h$  : 水深

### 波向について

波向は、水圧変動(  $p$  )、E流速変動(  $u$  )、N流速変動(  $v$  )から、共分散法により、平均波向(  $\bar{\theta}$  )、主波向(  $\theta_p$  )、平均分散角(  $\alpha_k$  )、方向集中係数(  $\gamma'$  )、波峯長パラメーター(  $\gamma$  )を下式で算出しています。

$$\begin{aligned} \bar{\theta} &= \tan^{-1} \left( \frac{-\bar{pv}}{-\bar{pu}} \right) & \theta_p &= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{2\bar{uv}}{\bar{u}^2 - \bar{v}^2} \right) \\ \alpha_k &= \tan^{-1} \left( \frac{\sqrt{\bar{p}^2} \cdot \sqrt{\bar{pu}^2 \cdot \bar{u}^2} + 2\bar{pu} \cdot \bar{pv} \cdot \bar{uv} + \bar{pv}^2 \cdot \bar{v}^2}{\bar{pu}^2 + \bar{pv}^2} \right) \\ \gamma' &= \sqrt{\frac{\bar{pu}^2 + \bar{pv}^2}{\bar{p}^2(\bar{u}^2 + \bar{v}^2)}} \\ \gamma &= \left\{ \frac{\left( \bar{u}^2 + \bar{v}^2 \right) - \sqrt{\left( \bar{u}^2 - \bar{v}^2 \right) + 4\bar{uv}^2}}{\left( \bar{u}^2 + \bar{v}^2 \right) + \sqrt{\left( \bar{u}^2 - \bar{v}^2 \right) + 4\bar{uv}^2}} \right\}^{1/2} \end{aligned}$$

## 流速について

流速は、E流速変動( $u$ )、N流速変動( $v$ )より平均E流速( $\bar{u}$ )、平均N流速( $\bar{v}$ )、平均流速( $c_v$ )、平均流向( $c_d$ )を下記の式によって算出しています。 $N$ :データ数

$$\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i \quad \bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i \quad c_v = \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2} \quad c_d = \tan^{-1} \left( \frac{\bar{u}}{\bar{v}} \right)$$

## 長周期波について

水圧データから算出しています。水圧変動を水位変動に変換し、FFTフィルター(制限周期30秒)後、通常の波浪統計計算と同様に長周期の最高波、有義波を算出しています。制限周期は設定変更できます。指定により、超音波で測定した水位変動からも算出できます。

## 波の統計処理用語について

### 標準偏差( $\eta_{rms}$ )

波の理論分布とされているレーリー分布から、求められる $\eta_{rms}$ と、ゼロアップクロス法によって求められる有義波高との関係は、有義波高 =  $4.0\eta_{rms}$ になります。 $\eta_{rms}$ は、波の統計値の比較指標として利用されています。ノイズなどの異常データの有無の判断にも、利用されます。

### 尖鋭度(Kurtosis)

波高の度数分布のピークのとがり具合を表すもので、正規分布のピークよりも高ければ  $\beta > 3.0$ 、低ければ  $\beta < 3.0$ となります。 $\beta > 3.0$  の場合は、度数分布の両端が長くすそを引く形になります。海の波では、 $3.7 \pm 0.7$ 程度です。

### ひずみ度(Skewness)

波高の度数分布が左右対称の場合に0になります。度数分布のピークが平均値よりも小さい方に寄って、分布の形が、平均値より、大きな値の方に長くすそを引いているとき、正の値になります。海の波の場合、ほとんどとなります。また、ひずみ度が正であることは、波の谷よりも山の方が、その絶対値が、大きいことを示しています。

### 波峯長パラメータ(Long crestedness)

1成分波では、波の進行方向が主波向となり、主波向と直角な方向の成分波浪は0になります。このとき波峯長パラメータの値は0になり、波浪の方向分散性が増すにしたがって1まで増加します。

### 平均分散角

平均波向からの波動エネルギーの平均的分散角を表します。波峯長パラメータと違い2方向波浪の波向を表すときに有効です。0~90の値になり、値が大きいほど、2方向波浪の波向の角度差が大きくなります。

### 方向集中係数

2方向の波向が0~180°にいたるまで、単調に増加する値です。1に近いほど單一方向であり、平均波向にエネルギーが、集中していることを示します。0に近づくほど、2方向の波向が、はなれることを意味します。方向集中係数、平均分散角に関しては、2方向の波のエネルギーの大きさによっても値が、ダイナミックに変わります。

### 参考文献

本間仁監修／堀川清司編、海岸環境工学、東京大学出版会

合田良実、共分散法を用いた波向推定方式の数値的検討、港湾技術研究所報告第20巻第3号

佐々木弘、合田良実、小長井孝、現地観測用波浪データ演算装置の開発について、港湾技研資料 No. 580

気象庁、海洋観測指針