

ビルトインMagicProcessorの処理手法

本体に、ビルトインされている波浪処理プログラム(MagicProcessor)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(η)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(η_i)から、 $\bar{\eta}$ を差し引いた値(η_i^*)を用いています。

$$\eta_i^* = \eta_i - (A_0 + A_1 i)$$

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(η_{rms})、歪み度(Skewness $\sqrt{\beta_1}$)、尖鋭度(Kurtosis β_2)を下式で算出しています。

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

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。

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

ρ : 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(θ_p)、平均分散角(α_k)、方向集中係数(γ')、波峰長パラメーター(γ)を下式で算出しています。

$$\bar{\theta} = \tan^{-1} \left(\frac{-\overline{pv}}{-\overline{pu}} \right) \quad \theta_p = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2\overline{uv}}{\overline{u^2} - \overline{v^2}} \right)$$

$$\alpha_k = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{\overline{p^2} \cdot \sqrt{\overline{pu^2} \cdot \overline{u^2} + 2\overline{pu} \cdot \overline{pv} \cdot \overline{uv} + \overline{pv^2} \cdot \overline{v^2}}}}{\overline{pu^2} + \overline{pv^2}} \right)$$

$$\gamma' = \sqrt{\frac{\overline{pu^2} + \overline{pv^2}}{\overline{p^2} (\overline{u^2} + \overline{v^2})}}$$

$$\gamma = \left\{ \frac{(\overline{u^2} + \overline{v^2}) - \sqrt{(\overline{u^2} - \overline{v^2}) + 4\overline{uv}^2}}{(\overline{u^2} + \overline{v^2}) + \sqrt{(\overline{u^2} - \overline{v^2}) + 4\overline{uv}^2}} \right\}^{1/2}$$

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(η 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 η 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 η rmsになります。 η 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 $\beta 2 > 3.0$ 、低ければ、 $\beta 2 < 3.0$ となります。 $\beta 2 > 3.0$ 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 ± 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。

波峰長パラメータ(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。このとき波峰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。波峰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に近いほど単一方向であり、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