

海洋スペクトル波に対するレベルクロス周期の特性

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○古泉祐輝
 名古屋工業大学大学院 柴田正太
 名古屋工業大学大学院 正会員 北野利一

1. はじめに

越波流量などを検討するためには、不規則波の周期特性を把握しなければならず、波高と周期の結合分布が必要である。ゼロクロスによる波高と周期の特性は、数多くの研究が知られているが、それを一般化した任意のレベルに対するレベルクロスによる検討は、あまり多くはなされていない。なぜなら、厳密に数学的な取り扱いをすればするほど、海岸工学などで応用するための満足な知見が得られないためである。だからといって、単純化しすぎても無為である。ゼロクロス周期の代表的な理論は、Longuet-Higgins (1975) によるものが知られる。しかし、周期分布が平均周期を軸とする線対称形になるなどの難点をもっている。また、それを受けた Longuet-Higgins (1983) では、非対称性を表現しているが、式が非常に複雑となっており、スペクトルの特性を帯域幅パラメータのみで説明しようとしている。また、Stansell (2004) では、負の周期を扱うことにより Longuet-Higgins (1983) の理論分布における周期をゼロクロス法の定義に沿うように改めた。しかし、波高分布が Rayleigh 分布と異なるなどの問題点が挙げられる。それら既往の問題点に対し、北野ら (2007) では、新たな関係式を導入することにより、波高を条件とする周期分布は対数正規分布に従うとした。そこで、本研究では、北野ら (2007) の理論に従い、シミュレーション波形を用いて、レベルクロスにおける周期特性について検討することを目的とする。

2. 研究内容

図.1 は、シミュレーション波形にヒルベルト変換を適用して得られる複素変動を、複素平面上に表示したものである。図中の原点を内部に含まない閉曲線を形成する軌跡を false wave とよび、水位変動が高周波成分で形成されるため、1波と見なさないこととする。また、第4象限内の閾値 u を横切ってから第1象限内の閾値 u を最終で横切るまでの時間を閾値超過時間 T_u とする。これは、波形の軌跡を円として考えることにより、位相角 $\theta = \arccos(u/h)$ およびその時間微分 $\dot{\theta}$ を用いて、

$$\frac{2\pi}{T_u} = \dot{\theta} \quad , \quad \bar{T}_u = \frac{\pi}{\theta} = \frac{\pi}{\arccos(u/H_p)} \tag{1}$$

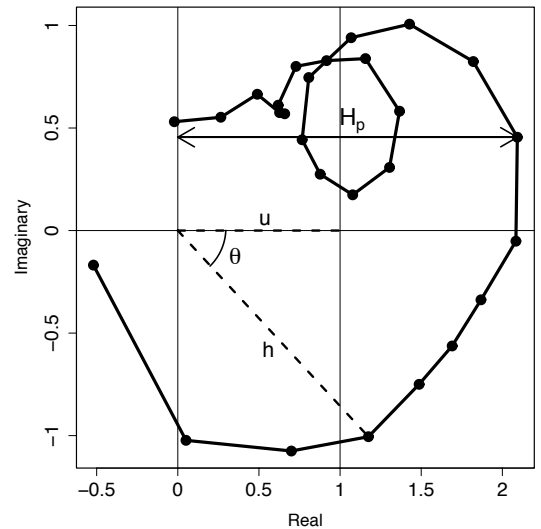


図-1 複素平面上での諸量の定義

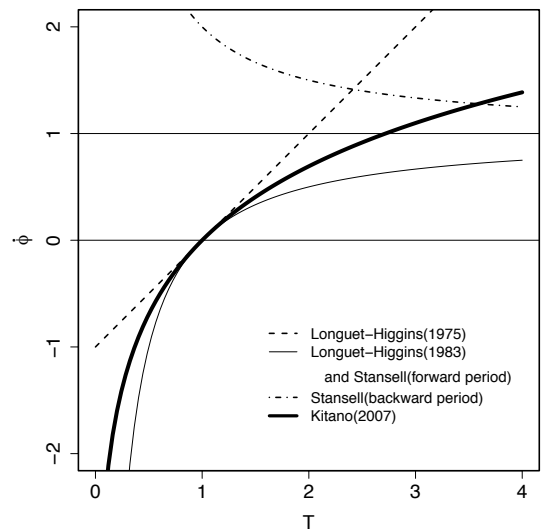


図-2 対数関数の位置づけ

キーワード 不規則波, 対数正規分布, レベルクロス

連絡先 住所: 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 24 号館 電話: 052-735-5498 FAX: 同左

と求められる. また, ピーク波高 H_p は, 複素平面上の点に対応する時系列上の波高が最大となる点の値とし, h に代入している. ここで, 北野ら (2007) はゼロクロス周期 T に対して, 既往の問題点を改善すべく以下の数式を導入した.

$$1 - \frac{1}{T} \cong \log T \quad , \quad \frac{2\pi}{T} \approx \overline{\sigma_p} + \dot{\phi} \tag{2}$$

ここに, T : 周期, $\overline{\sigma_p}$: 波高に依存する平均角速度, $\dot{\phi}$: 位相角速度である. また, 図.2 は周期と位相角速度の関係について, 既往の研究で用いられた各関数と, 北野ら (2007) により導入された対数関数を示している.

3. シミュレーション結果とその考察

発生させるシミュレーション波形は Pierson-Moskowitz スペクトルに従うもので, 総波数約 2500 波をデータとしている. また, 波高の頻度分布が Reyleigh 分布に従い, その相対度数の最頻値が 1.0 となることから, 最も多く false wave が発生すると思われる平均周期にレベルクロスの閾値 u を設定する. 本ケースではその近似値として 1.0 に設定した. 周期特性を検討する上で, 横軸に無次元化ピーク波高 H_p/H_{rms} を, 縦軸に無次元化閾値超過時間 $T_u/\overline{T_u}$ をとり, 結合確率分布を描いたものを図-3 に示す. なお, 図中の実線は, 式 (1) の関係を示したものである. ここで, 無次元化波高の小さい範囲ではデータのばらつきが大きい. また, 無次元化波高の大きい範囲では多少の過小評価がみられるものの, 概ねよく合致していることがわかる. さらに, 図-3 の灰色の縦線で示した波高階級において, 周期分布を描いたものを図-4 に示す. 図中の曲線は波高を条件とする周期の頻度分布に対数正規分布をあてはめたものである. ゼロクロスの場合, 北野ら (2007) が先に示したとおり対数分布に良好であったが, より一般化したレベルクロスにおいても, 対数正規分布に良好に一致していることがわかる. また, 図-1 で見られたような false wave を 1 波とみなした場合でも, 波高を条件とするレベルクロスにおける周期の頻度分布は対数正規分布に良好に一致することが確認された.

4. おわりに

本研究では, 北野ら (2007) の理論に従い, レベルクロスに対しても波高を条件とする周期分布が対数正規分布に従うことを確認した. また, 波の本質が位相変化であることを考えれば, 瞬間角速度の概念による考察が適しているが, それだけでは不十分であり, 周期と周波数の関係は対数を用いて結びつけるなどの工夫が必要である.

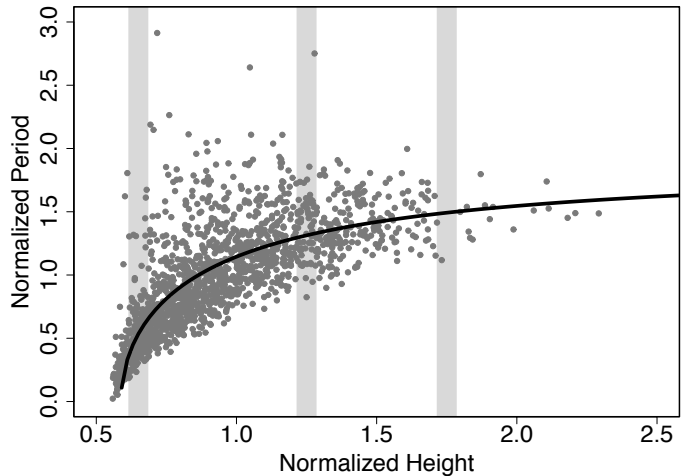


図-3 波高と周期の結合確率分布

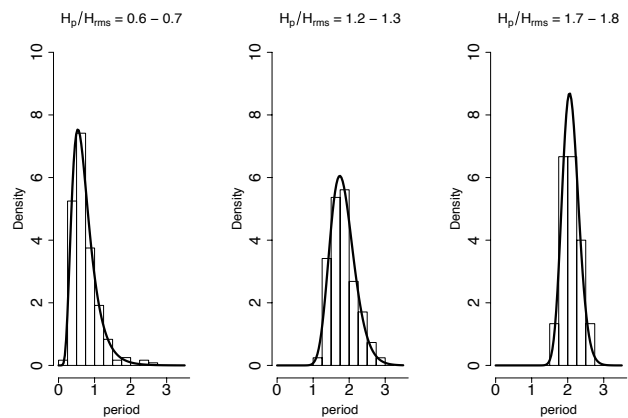


図-4 波高を条件とする周期の度数分布

参 考 文 献

北野利一, 森下和帆, 喜岡 渉 (2007) : 波高と周期の結合分布の近似的表現, 海岸工学論文集, pp91-95