第Ⅱ部門　　　平面的に分布するスペクトルを入力としたBoussinesqモデルによる不規則波浪変形解析

京都大学工学部　　　学生員　○田中　靖人
京都大学工学研究科　正会員　　沖　和哉
京都大学工学研究科　フェロー　酒井　哲郎

１．はじめに

Boussinesq 方程式は波の非線形性・分散性を考慮でき，浅水変形，屈折，回折に適用できるものであり，さらに波動運動を時系列的に追跡するという性格上, 不規則波の変形を追跡することも可能である. しかし，浅海域のごく限られた領域でしか解析できないことが多く，また広い計算領域が必要な場合，１つの解析結果を得る為に多大な計算労力を費やすこととなる．そこで本研究では，広領域での波浪計算に有効な位相平均型波浪予測モデルの結果を利用することを念頭におき，計算領域境界上に平面的に分布するスペクトルから多方向不規則入射波の時系列データを生成する方法を考案した．また，その入射波データを用いて修正Boussinesqモデルでの浅瀬上における不規則波浪変形解析を行い，本手法の妥当性を検証した.

２．平面分布スペクトルからの波形生成

有義波高$H_{1/3}$および有義波周期$T_{1/3}$が既知の場合, 周波数スペクトル$S(f_n)$として港湾の設計に多く用いられる Bredshneider‐光易型スペクトルの場合，代表周波数f_nは等エネルギー分割をすると以下のように示される.

$$f_n^E = \frac{1.007}{T_{1/3}}\left[\log\frac{2N_s^B}{2n-1}\right]^{-1/4} \tag{1}$$

境界で与えられるスペクトルの周波数分割数をN_s^E, 不規則波生成に必要なスペクトルの周波数分割数をN_s^Bとすると，N_s^BよりもN_s^Eの方が少ない場合には補間する必要がある．分割数N_s^EおよびN_s^Bにおけるn番目の分割であるスペクトルの周波数をそれぞれf_n^E（$n=1,2,\cdots\cdots N_s^E$）およびf_n^B（$n=1,2,\cdots\cdots N_s^B$）とすると，f_n^Eは以下のように決定できる.

Xを未知の定数とし，周波数はほぼ等エネルギー分割されていると考えると，(1)式と同様にして，

$$f_n^E = X\left[\log\frac{2N_s^B}{2N^B-1}\right]^{-1/4} \tag{2}$$

のように表せる．f_n^Bについても式(1)と同様に分割すると，式(2)より決定される定数Xを用いて，

$$f_n^B = X\left[\log\frac{2N_s^B}{2N^B-1}\right]^{-1/4} \tag{3}$$

となる．ただし，スペクトル両端の値は，次式の補正を行っている.

$$N^B = N_s^B - \frac{N_s^B}{2N_s^E} \tag{4}$$

周波数f_n^Eに対応するスペクトルS_n^Eは既知であるが，周波数f_n^Bに対するスペクトルS_n^Bは未知である．そこで，３次のスプライン補間を行うことにより，S_n^Bを求める.

次に，領域境界でスペクトルが与えられる点の間隔が，計算格子間隔よりも大きい場合，空間的な補間が必要となる．ここでは例として図１の地点Ⅰ，および地点Ⅱの周波数スペクトルが既知であるとする．y軸が入射境界と一致している，隣り合うスペクトルの値はそれほど大きく違わないとみなすと，y座標がjの位置におけるスペクトル（太線のスペクトル）を求める場合，あるf_n^Eについて，Ⅰのf_n^Eと，Ⅱのf_n^Eのそ

Yasuto TANAKA , Kazuya OKI and Tetsuo SAKAI

れぞれの値を用いて線形補間することにより求めることができる．

これらの作業を方向成分ごとに行うことによって，平面分布するスペクトルから入射波の条件としての多方向不規則波の時間波形を作成することができる．ただし，スプライン補間によって高周波数および低周波数で，周波数スペクトルの値が負になる場合，その値を0としている．

３．モデル検証

領域全体で分布して与えられるスペクトルから多方向不規則波の時系列データが生成できるかを検証するために，以下のような計算を行った．まず，図２のような楕円浅瀬を含む領域において，楕円浅瀬背後の断面までの領域をエネルギー平衡方程式で計算し，その断面でのスペクトルを出力させる．そしてこの直線上に分布したスペクトルを入力条件として浅瀬背後の領域を計算し, Vincent and Briggs(1989)の実験結果との比較を試みた．領域の周囲には波の反射を抑えることの可能な十分量のスポンジ層を設置し，それぞれの幅を$8(m)$とした．水深$h=0.4572(m)$で，有義波高$H=0.0254(m)$，有義波周期$T=1.3(s)$，主波向$\theta=0^\circ$，狭方向分散，周波数分割数$nd=35$，波長$L=2.25(m)$の不規則波を入射した．ただし，数値計算に用いた差分格子は$\Delta x=0.1(m)$，差分時間は$\Delta t=0.065(s)$である．

断面①での波高分布を図３に示す．□が実験結果，実線が計算結果である．定量的な評価をするためには，まずエネルギー平衡方程式による計算で得られる入射波スペクトルの検証が必要であるが，比較すべきデータがないため確認できなかった．そこで，定性的な一致の程度を調べるため，断面①における実験結果の波高分布のピークと一致するように本研究で得られた結果を無次元化したものが図３に示されている．計算結果と実験結果を比較すると，各方向成分のランダム位相によって左右対称にはなっていないが，概ね一致している．

今後は定量的な検証を行うとともに，より複雑な地形条件での計算を行う．

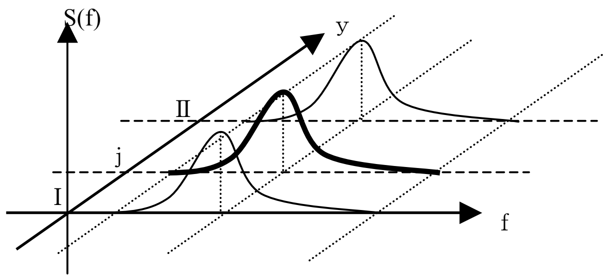

図１　スペクトル分布

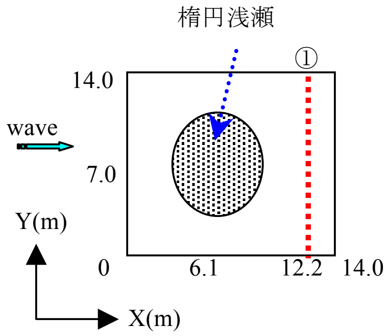

図２　計算領域

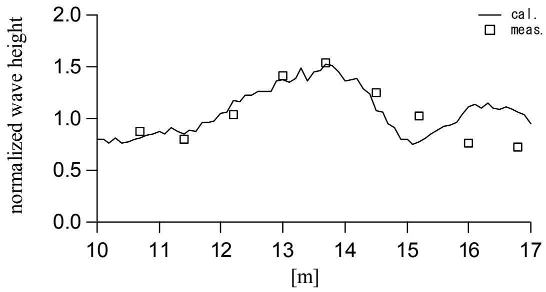

図３　断面①における波高分布

参考文献

Vincent.C.L. and Briggs.M.J(1989)：Refraction-Diffraction of Irregular Waves over a Mound，Journal of Waterway, Port，Coastal，and Ocean Engineering，Vol.115，No.2，pp.269-284

Nwogu,O.(1993)：Alternative form of Boussinesq equations For nearshore wave propagation，J.Waterway,Port，Coastal, and Ocean Eng，ASCE，Vol.119，No.6，pp.618-638