

第 47 回海岸工学講演会討議集

論文番号 1

著者名 堀柿沼太郎

論文題目 非線形緩勾配方程式の内部波への拡張

討議者 河田恵昭（京都大学防災研究所）

質疑

鉛直方向の凹凸による内部波の変化もあるが、むしろ平面的に狭窄部での変化も実際に多く存在するので、それはどうなっているのか。

回答

内部波のための完全非線形方程式を導出し、これを用いて非線形内部波の特性を再現するために潜堤周辺の表面波と内部波を計算対象としました。ここでは、鉛直断面内で考えましたが、本モデルは、各層で成り立つ平面 2 次元の方程式系を鉛直方向に有機的に積み重ねたものであり、平面的な広がりのある領域にもそのまま適用可能です。その際、海峡等における平面形の変化に伴い、鉛直方向に回転軸を有する渦が発生するといった、流体運動が回転となる場合には、柿沼ら（1998）を参考にして本方程式系を渦度場に拡張し、密度の異なる流体が混合しないという仮定のもとで解析を行なう方法が考えられます。狭窄部における内部波の問題は、内部波に関する海岸工学の一課題として関心を持ちました。御示唆に感謝致します。

参考文献：柿沼太郎・渡辺 晃・磯部雅彦(1998): 渦度を考慮した非線形緩勾配方程式, 土木学会第 53 回年講概要集, II, pp. 258 - 259.

論文番号 2

著者名 平山克也・平石哲也・細谷徳男

論文題目 時間的に変化する波浪の造波とその解析

討議者 河田恵昭（京都大学防災研究所）

質疑

造波機による不規則波の Wavelet 解析は、結局、造波信号の周波数を推定しているだけではないのか。

回答

波形が確率過程であるとみなせない非定常波浪に対して、従来のスペクトル解析法をそのまま適用することは理論的な仮定からあまり好ましくないと考えられます。そこで、本研究では、時間周波数解析が可能な Wavelet 変換を用いて不規則波を解析し、その結果から何が言えるか考察しました。Wavelet 解析では、ご指摘のように、造波波形あるいは伝播波形に含まれる成分波の振幅や周波数を推定できることに加え、それらの位相関係や時間的な変化を知ることができます。また、各周波数レベルに分解された波形を合成することにより、もとの非定常波浪の不規則波形を再現することができます。このように、Wavelet 解析は、スペクトル解析が定常波浪を対象としていることに対応して、非定常波浪を対象とした解析手法として活用できるのではないかと考えています。しかしながら、その分解能や方向分散性を有する波に対する適用性に関して、解決すべき課題が残されています。

論文番号 3

著者名 Karthigesu Raveenthiran, 灘岡和夫

論文題目 新たな位相平均モデルによる変調不安定解析

討議者 河田恵昭（京都大学防災研究所）

質疑

没水式球形状 shoal の影響は、その背後水域のどのあたりまで影響するのか（shoal の高さ直径を基準長さとした場合）

論文番号 4

著者名 Mohammad Mohiuddin, 富樫宏由, 平山康志

論文題目 波変形に対する流れの影響のモデル化

訂正

式 (8) の第 1 項目のところ A''_{j+k+1} にミスがあり, $j+k+1$ ではなくて $j,k+1$ が正しい.

討議者 河田恵昭 (京都大学防災研究所)

質疑

没水式球形状 shoal の影響は, その背後水域のどのあたりまで影響するのか (shoal の高さや直径を基準長とした場合)

回答

この研究は, 流れ場における波特性の変形に注目しています. 従って, 波特性に対する shoal (浅瀬マウンド工) の高さや形等の影響即ち海底地形や没水式構造物等の影響は調べていません. また, 波変形解析も例えば $26\text{ m} \times 26\text{ m}$ といった特定の大きさの計算領域内で行っていませんので, 岸側領域への波伝播の影響がどの辺りまで到達するかに関する問題は, 今回は検討していませんでした. しかし, この点については大変興味深いことですので, いずれ検討してみたいと思っています.

討議者 由比政年 (金沢大学)

質疑

本研究で用いられた解析モデルは, Yoon & Liu (1987, JFM) や Chen, Madsen et al. (1997, Coastal Eng.) の共存場モデルとどのような点が異なるのでしょうか?

また, 本モデルを用いることのメリット・デメリットはどんなものがあるのでしょうか?

回答

Yoon & Liu (1989)は, 波に対する流れの影響を取扱った 1 セットの Boussinesq 方程式を導きましたが, それは波場と流れ場を別々に計算して, 交互に計算を繰返して収束解が得られる迄計算する方法でした. そして, この数値モデルは浅海域に適用されるものであったが, 波が逆方向流れを遡上する場合の適用性はあまり良くありませんでした.

一方, Chen, Madsen, Schäffer & Basco (1998)は, (a) Yoon & Liu (1989), (b) Madsen, Murry & Sørensen (1991), (c) Madsen & Sørensen (1992) (d) Nwogu (1993) そして (e) Schäffer & Madsen (1995)等々色々な異なったコンセプトを取り混ぜて結合し, より一般化した Yoon & Liu タイプの Boussinesq 方程式を導いた. そして, 水深方向に平均化した水粒子速度は, Nwogu (1993)が彼の論文中で導入したように, 任意の深さ位置における水粒子速度と一致するように置換したり, また分散関係式の精度を良くするために, 幾つかの free parameter を採用したりした. この数値モデルは, 順・逆両方向の比較的強い流れ場にも適用出来るし, また波周期も幅広い範囲で適用出来るものであった.

a) 理論的アプローチの相違

さて, 以上に 2 つの論文内容を略記してお分かりのように, Yoon & Liu と Chen et al. モデルと比較すると, 本研究の解析モデルでは, 基礎方程式として Madsen タイプの拡張型 Boussinesq 方程式 (Madsen, Murry & Sørensen, 1991; Madsen & Sørensen, 1992) を用いており, また波・流れ共存場にこの支配方程式を適用するために, 波・流れ結合型速度ポテンシャルから新たに誘導した波・流れ分散関係式を用いている (Mohiuddin ら, 1999, 2000). このように, 先ず理論的展開の観点からして, 本研究モデルは上記 2 つのモデルと異なっている.

b) 計算及びその結果

Yoon & Liu の計算方法とは明らかに異なり, 本研究モデルでは波場と流れ場を別々計算して繰返し計算をする必要がない. Chen et al. の計算の仕方については, 具体的に詳述されていないので不明であり, 比較することが出来ない.

c) メリット・デメリット

メリットとしては, 本研究モデルは, 比較的簡明で, 波・流れ場における波特性の見積りに良い結果を示しますけれども, 幾つかの適用限界はあります.

デメリットとしては, 解析領域の中では水深方向に直線的な一様流れ分布を仮定し, また逆方向流れ速度の大きさは限界流れ速度より充分小さいことが必要なので, 波が逆方向速度の大きい流れを遡上する場合には, 解析精度が落ちることであろう.

参考文献

Mohammad Mohiuddin・富樫宏由・平山康志 (1999): 傾斜海底地形上における波・流れ相互干渉のモデル構築, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp.71-75.

Mohammad Mohiuddin・富樫宏由・平山康志 (2000): 波変形に対する流れの影響のモデル化, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp.16-20.

Chen, Q., P. A. Madsen, H. A. Schäffer and D. R. Basco (1998): Wave-current interaction based on an enhanced Boussinesq approach, Coastal Engineering, Vol. 33, pp. 11-39.

Madsen, P. A., O. R. Murry, and R Sørensen (1991): A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics, Coastal Engineering, Vol. 15, pp. 371-388.

Madsen, P. A., and O. R Sørensen (1992): A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics. Part 2. A slowly-varying bathymetry, Coastal Engineering, Vol. 18, pp. 183-204.

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

Schäffer, H. A. and P. A. Madsen (1995): Further enhancements of Boussinesq-type equations, Coastal Engineering, Vol. 26, pp. 1-14.

Yoon, S. B. and P. L. -F. Liu (1989): Interactions of currents and weakly nonlinear water waves in shallow water, Journal Fluid Mechanics Vol. 205, pp. 397-419.

論文番号 6

著者名 小林豪毅、谷本勝利、倉田克彦

論文題目 水路幅による浅水航走波の変化と非定常性

討議者 高橋重雄(港湾技術研究所)

質疑

側壁の消波による効果についてさらに詳しく教えてください。

回答

図-9 の計算はそこに示した領域の側方の外側に幅 2 船長分の減衰領域を設けて行いました。減衰領域での計算方法は通常の波に対して行われるものと同じです。計算結果はあたかもソリトンが発生しないかのごとくなりました。そのため、ソリトンは側壁によるマッハ反射が原因であるかのように書いていますが、正しくは完全に 2 次元化するソリトンの発生はマッハ反射にあるということです。これは後に行った広領域を対象とした計算結果によって得られた知見です。側壁の消波による効果については、計算で行ったような消波装置(減衰係数を指数関数的に大きくしていく)を設けると図-9 のような航走波のパターンになるということで、相当に大きいものだと考えています。具体的にどの程度の効果になるかについては今後機会をみて検討したいと思います。

討議者 平石哲也(港湾技術研究所)

質疑

航走波およびソリトン波の影響は、狭水路ではかなり大きくなると思いますが、現在の緩勾配斜面、消波ブロックなどで十分な消波ができるでしょうか。有効な対策があればご教示下さい。

回答

まず、ソリトンについてですが、ソリトンが発生し、発達するためには、高速でかつ長い航走距離を必要としますので、実際の水路で問題となるほど大きくはならないと思います。我々、幅 50m の水路で航走波の現地観測を行っているのですが、やはり後続波のほうが大きくて、最大波高は直立護岸で 1.5m になることもあります。しかし、周期は最初の波を除いて 2~4s です。現在の緩勾配斜面や消波ブロックで消波は十分可能です。ただ、狭い水路に消波ブロックを投入することは問題があります。その場合、直立壁の前に隙間を空けて木杭柵を設けて、直立消波構造とする方法などがあると思いますが、具体的に検討したことはありません。荒川などでは、河岸のヨシ原育成を航走波から保護するために、捨石による離岸堤や柱列杭を一部施工しています。なお、ソリトンは実際には狭水路でなく、むしろ遠浅の海岸などで問題となるのではないかと現在検討中です。

論文番号 7

著者名 劉 曉東・堺 茂樹

論文題目 大型弾性浮体下での孤立波の分裂に関する数値解析

討議者 谷本勝利（埼玉大学 工学部）

質疑

孤立波が浮体に入射したとき、反射波は発生しないのでしょうか。アニメではほとんどないように見えたが、

回答

反射波は発生している。例えば、p.33 図-7 の第 1 段（造波境界と浮体前端の間の自由水面水位の時間波形）から分かるように、孤立波本体が通過した後の水位は上下に変動するものに現れ、それは浮体前端からの反射波である。反射波の度合いは波浪条件及び浮体の曲げ剛性などによる。

論文番号 10

著者名 永瀬 恭一・島田 昌也

論文題目 MARS 法を用いた数値波動水槽に関する研究

討議者 中山昭彦（神戸大学 自然科学研究科）

質疑

移流項に 1 次風上差分を用いているが、中心差分や高次風上差分などを用いると精度などどう影響するか検討されましたか。

回答

今回の計算では、特に運動方程式の移流項の精度に関する検証は行っておりません。勿論移流項の高精度化についての重要性は認識しておりますが、現状では解析精度より計算の安定性に重点を置いております。なお今回使用した汎用ソフトの STREAM には、3 次精度の QUICK スキームが標準で装備されておりますので、QUICK スキームを使った解析は可能です。ただし MARS 法で VOF 値を輸送するときの移流項の精度が二次精度中心差分と同等であるため、仮に高次精度のスキームを使用しても自由表面付近での解析精度は十分保証されません。従って、今後解析の高精度化を計るには、運動方程式のみならず VOF 値の移流項の高精度化も同時に行う必要があると思われます。

論文番号 12

著者名 後藤仁志・酒井哲郎・林 稔

論文題目 大規模斜面崩壊による水面波の発生過程のグリッドレス解析

訂正

図-2,3,4 の軸のタイトルにミスがあり、縦軸が y 軸、横軸が x 軸が正しい。

討議者 重松孝昌（大阪市立大学 工学部環境都市工学科）

質疑

分散性の強い土砂粒子群の解析に MPS 法を適用された理由について御教示下さい。

回答

対象とする土砂が微細粒子から成っているので周囲流体に対する追随性が比較的良好であると期待できます。それ故、二流体モデルでも固相の運動を追跡可能であると判断して二相流型 MPS 法を使っています。言い換えると、今回のモデルが使用可能か否かは、二流体モデルが使える現象か否かにかかっています。ここでは、MPS 法は二流体モデルの離散化手法と位置付けられます。なお、固相の運動を取って流体運動とのアナロジーで処理しているのは、単相流のモデルからの拡張が容易であるからです。

論文番号 15

著者名 北野利一・間瀬 肇・中野 晋

論文題目 周波数スペクトルに基づく有義波周期の理論

討議者 合田良実（（株）エコー）

質疑

1) 木村先生の質問に関連して、数値シミュレーションと比較する場合のスペクトルモーメントの計算の上限値を $f_{\max} = 1/(2 \cdot dt)$ にとって、比較するのが適切です。

2) 口答発表で用いられたパラメータ k を定義してください。

回答

1) たしかにそのとおりです。

理論値とシミュレーション結果との比較において、少し気になる点があったのですが、上記のコメントが有用でした。

2) 5月に論文を提出した後、できるかぎり理解しやすいように、式表現の整理をしました。そのことが逆に、聴衆者には混乱を与える結果になりました。以下に、口答発表で用いたパラメータと論文中的パラメータ c , s の関連性を整理しておきます。

パラメータ μ_c は、論文中的式(23)で与えられる実数値パラメータ c , s を用いて、

$$\kappa(\tau) = \mu_c(\tau) + i\mu_s(\tau) \\ = m_0^{-1} \int_0^{\tau} \exp i(\sigma - \sigma_m)\tau dS(\sigma)$$

で定義される複素数であります ($dS(s)$ は周波数 s から $s + ds$ に含まれるエネルギー)。また、できるかぎり単純な計算で有義波周期を求めるために、論文中有るとおり、closed form を導いています。つまり、上式の時間間隔 T_m を平均周期 T_m ($= 2\pi m_0/m_1$) で与え、

$$\bar{\kappa} = \bar{\mu}_c + i\bar{\mu}_s = m_0^{-1} \int_0^{\tau} \exp 2\pi i \left\{ (\sigma/\sigma_m) - 1 \right\} dS(\sigma)$$

を用いて、論文中に示した式(34)に相当する有義波周期の公式は、

$$T_{1/3}/T_m = \int_0^{\hat{\arg} \bar{\kappa}^{-1}} \frac{1 + \frac{\hat{\arg} \bar{\kappa}^{-1}}{2\pi}}{1 - \frac{\hat{\arg} \bar{\kappa}^{-1}}{2\pi}} d\arg \bar{\kappa}^{-1}; \quad -\pi < \arg \bar{\kappa} < \pi$$

と簡潔に表現できます。

なお、 $\bar{\kappa}$ の絶対値をとったものが、合田先生のテキスト p.193 の式(9.58)式に相当するものであり、Kimura(1980) の連長の理論を発展させた Longuet-Higgins(1984) で用いられるものです。従って、今回提案する有義波周期の理論に含まれるパラメータは、従来のパラメータ c を拡張したものであることがわかります。

上で引用した合田(1990)、Kimura(1980)、Longuet-Higgins(1984)の論文は、海論本文中に挙げた参考文献です。

論文番号 16

著者名 高山知司・高橋英紀・永井紀彦

論文題目 御前崎沖における多峯型方向スペクトル波の出現特性

討議者 合田良実((株)エコー)

質疑

この研究で得られた成果を、どのように実際問題に活用されるご計画であるかについて、やや詳しくご説明下さい。

回答

本研究によって、多峯型方向スペクトル波の波高別出現分布や波浪諸元間の相関、条件付確率分布に基づいて、このような出現分布特性を有する波浪を1年間に渡って再現することができるようになった。そこで、多峯型方向スペクトル波を含む1年分の波浪を抽出すると、単峯型では有義波の波高と周期、平均波向の一组が設定でき、これから波の方向スペクトルが求まる。また、多峯型では短周期側と長周期側の有義波の波高と周期、平均波向が設定でき、これら2組の波浪諸元からそれぞれの方向スペクトルを重ね合わせることによって多峯型スペクトル波の方向スペクトルを算定することができる。このようにして求まった方向スペクトルを直接に港内波浪算定プログラムの入力値として計算すれば、港内波高が算定できる。この計算を抽出した1年分の波浪について行えば、1年分の港内波高が計算でき、港内の静穏性が判定できることになる。1日1つの波浪で行うとすれば、365個の波浪を抽出すればよい。港内波浪は短時間で計算できるから、通常のパソコンでも十分対応できる。計算時間がかかるようであれば、予め多くの条件で計算して、表にし、表から内挿して求めてもよい。

質疑

この方法を他地点、特に観測データが不十分な箇所へ展開していくことに対する見通しをお聞かせ下さい。

回答

例えば、太平洋側の三陸沿岸や東海沿岸のように、その海域内では比較的海象特性が似ていると考えられる。そのような海域内では、多峯型スペクトル波の波高別出現分布や波浪諸元間の相関、条件付確率分布が同じ特性をもつと考えられ、その海域内のある地点で求まった分布特性が援用できると考えられる。そこで、波向等の観測データが不十分な地点に対しては、同じ特性の海域において得られた分布特性を適用する。そのためにも、それぞれの海域の特性がどのようになっているか調べておく必要がある。これは今後の課題である。

論文番号 17

著者名 伊東啓勝・服部昌太郎

論文題目 波打ち帯底面せん断力

討議者 浅野敏之(鹿児島大)

質疑

せん断力計の測定原理

回答

せん断力受感部板は直径 10mm，受圧板とフランジとの間隙は 0.5mm 程度です．
受感板下面に耐水動歪ゲージが貼られたロッド(直径不明)が接続し，ロッドの歪からせん断力を検出する形式のものであります．使用時にはロッドも水中にあるため，受感部の固有振動数は余り高くないと思われます．定格容量は 2grf と非常に小さいため較正試験細心の注意を払っていましたが，固有振動数の検定はいたしませんでした．

論文番号 18

著者名 信岡尚道・加藤始・三村信男

論文題目 緩傾斜海底面上の海浜流予測モデルの高精度化 ～ radiation stress 鉛直分布の再検討 ～

討議者 渡辺晃(東京大学社会基盤工学)

質疑

Radiation 応力の鉛直分布の再検討として，底面勾配の影響を加味しているが，波の非線形性や Reynolds 応力の影響の方がはるかに大きくて重要なのではないか．

回答

まず，radiation stress の鉛直分布の水平勾配と Reynolds stress は同程度に重要と考えています．著者ら(1997)が示したそれら応力の絶対値の割合からも，このことが分かります．しかし，傾斜海底面上の radiation stress の水平勾配を，水平床を仮定している波動理論やモデルで算定すると海底境界面で大きな誤差が生じ，論文中の図 -5 に示したように海浜流の鉛直分布にも大きな誤差を生じさせます．したがって，簡易的に求めた Reynolds stress と同程度の精度を持つ radiation stress の鉛直分布の水平勾配を算定するには，海底傾斜の影響を考慮する必要があると結論付けられます．

Radiation stress 鉛直分布の導入を進めている理由の一つは，砕波後の波の谷より上での岸向き質量輸送が波の谷以下での冲向き質量輸送となる幾何学的関係が成り立たない 3 次元場での海浜流予測を可能にするからであります．今後，更に精度高く 3 次元海浜流を予測していくには，radiation stress の鉛直分布の水平勾配とともに Reynolds stress の精度も高めたモデルの開発が必要と考えています．

次に，波の非線形性についてですが，波の分散性を合わせてこれらの一次的現象は radiation stress に含まれています．問題は二次的な現象である波と流れの干渉による非線形性や分散性を本モデルではまだ考慮していない点にあると考えています．この点が海浜流にある程度の影響を及ぼす範囲が存在すると予想していますが，応力分布の重要度から言えば，海底傾斜の影響に対する radiation stress の勾配の方が基本的な問題と考えています．

参考文献

信岡・加藤・三村(1997): 多層 3 次元海浜流モデル，海岸論文集，第 44 巻，pp156-160.

論文番号 19

著者名 加藤 茂・山下隆男

論文題目 3 次元海浜流計算における乱流サブモデルのキャリブレーションに関する研究
ADCP による海浜流現地観測データを用いた検討

訂正

図 4 にサブキャプションを追加．鉛直分布パターンの左から(a)，(b)，(c)．

図 10 のキャプション中の 式(10) は 式(6) が正しい

討議者 黒岩正光(鳥取大学)

質疑

k-e モデルを用いて砕波帯内の乱流計算(海浜流)を行う場合，k の方程式の生成項に砕波による影響を取り入れる必要はないのか？

回答

著者らも砕波による乱れの生成効果を取り入れる必要があると考えております。それは、 k - ϵ モデルに限ったことではなく著者らが用いている Mellor-Yamada の乱流クローザーモデル (M-Y モデル) においても言えることです。しかし、本論文では、砕波による乱れは海面付近で発生し、それが下方へ伝達されることにより鉛直方向の混合が促進されると考え、乱れの生成項ではなく海面での境界条件にその影響を取り入れる方法を検討しました。

M-Y モデルでは、乱れエネルギーの 2 乗 q^2 と乱れの長さスケール l を計算変数としています。そこで、論文では論文中式 (6) において、波による平均海面上での乱れエネルギーと長さスケールを波浪場の計算から仮定し、砕波による乱れの生成効果を取り入れることを試みました。しかし、結果としては、海面から下方への乱れエネルギーの伝達をうまく評価することが出来ず、詳細な鉛直分布形まで再現することは困難でした。

また、波動運動に起因する組織的な乱れ (渦) の影響も考え、海面境界条件に加えて、ご指摘のような乱れの生成項における砕波 (波) の影響も取り入れる必要があるかと考えております。

討議者 瀬戸口喜祥 (総合科学株式会社)

質疑

砕波帯の中だと砕波によって混入した気泡の影響が ADCP のデータに影響すると考えられますが、どのように評価したらよいのでしょうか？

回答

気泡も流速を知るための 1 つのトレーサーとして見なすことが出来るのではないのでしょうか。しかし、海面付近では、砕波によって多量の気泡が混入し複雑な動きをするため、それが適切なトレーサーとして見なせるか、著者には判断しかねます。したがって、著者らは ADCP による計測で得られるデータの中の Percent Good を判断基準の 1 つとしてデータを判断しております。

論文番号 20

著者名 Zakaria A. Elnaggur・渡辺 晃

論文題目 砕波帯内外の波動流速の変化と戻り流れの分布の数値計算

討議者 浅野敏之 (鹿児島大)

質疑

流れ場のモデリングには spilling と plunging を区別してモデリングしていないが、plunging の乱れのエネルギー輸送過程は spilling と異なるのではないか。

底面での平均せん断応力を調節してトラフレベル以下と以上の Mass balance を満たすという考えの妥当性は？

論文番号 21

著者名 竹原幸生・江藤剛治・前田崇雄・相武克彦

論文題目 PTV による風波発生時の水表面近傍の気流・水流計測法

討議者 斉藤武久 (金沢大学)

質疑

水表面付近ではレーザーシート光の乱反射が生じるためこの付近における PMV 計測はきわめて困難であるとの認識を持っています。

Super-Resolution KC 法の中で、PMV に基づいて粗い速度ベクトルの空間分布を算定する場合、特に水表面付近では期待した計測精度を得ることができず、最終的な PTV 計測の精度に影響を与える可能性は考えられるか。

回答

ご指摘の通り、通常の相関 PIV 法では水表面でのレーザーシート光の反射が相関値に影響を及ぼし、計測が困難となるケースが多くなり、誤ベクトルとして現れる可能性が高くなる。

Super-Resolution KC 法では、相関法 PIV などの PMV (Pattern Matching Velocimetry) により空間解像度の粗いベクトル情報を初期条件として、個々の粒子の対応づけを KC 法により行う。オリジナルな KC 法では時間的に連続な画像が十数枚以上あるような場合を想定して構築されたアルゴリズムであり、追跡開始時に誤対応が生じて、時間ステップ (数ステップ) が進めば、誤対応確率が低く押さえられる (参考文献(1))。しかし、Super-Resolution KC 法では時間的に連続な 2 枚の画像を対象にしているため、繰り返し計算により誤対応確率を減少させる方法を用いる。

具体的には、いったん対応付けを行った後、各粒子について自分自身のベクトルを除いて周りのベクトル情報から空間

平均を取り、その情報をもとに再度 KC 法により対応付けを行う。このことにより、もし、着目している粒子が誤対応していても周囲の粒子が正しく対応づけられていれば修正される。これを対応する粒子数が最大になるまで繰り返し行う(参考文献(2))。

上記の誤対応確率を減少させる方法は、PMV による空間解像度の粗いベクトル情報にさほど多くない誤対応ベクトルが含まれている場合のみで、もとの画像が悪ければ PMV にしろ、PTV にしろ計測が困難となる。

参考文献

- (1)江藤剛治、竹原幸生、岡本孝司：標準画像を用いた粒子マスク相関法と KC 法の性能評価、日本機械学会論文集 (B 編)、65 巻、633 号、pp.184-191、1999。
(2)竹原幸生、R.J. Adrian、江藤剛治：KC 法を用いた新しい Super-Resolution PIV の提案、水工学論文集、第 44 巻、pp.431-436、2000。

質疑

液相、気相の計測は同時に計測されているのか。

回答

今回の実験では行っていない。原理的には同時計測が可能であり、カメラ、およびパルスレーザーシステムをもう 1 セット用い、2 セットの同期を取って撮影すれば可能である。本研究の最終的な目標はご指摘の同時計測を行い、表面での物質輸送に及ぼす流れの構造を明らかにすることである。

論文番号 22

著者名 安田孝志・水谷夏樹・板野誠司・井坂健司・川越雄太・小野田武

論文題目 強風下に生成される水面バースト層とその乱流特性

討議者 山下（京大）

質疑

バースト層内の波・流れへの運動量の分配過程がわかる実験をしてください（コメント）。

論文番号 24

著者名 杉原裕司・高崎敦彦・松永信博

論文題目 k-e 乱流モデルによる風波下の乱流構造の解析

討議者 安田孝志（岐阜大学 工学部）

質疑

乱流エネルギーのソースとして Downward bursting effects を考えているのか？考えているとすれば、その影響をどのようにモデル化しているのか？

回答

風波下の乱流境界層における低周波帯域の乱れエネルギーソースは、主に Downward bursting であると考えています。通常、k-e 乱流モデルでは、この種の秩序構造の効果は陽にはモデル化されていません。しかしながら、秩序構造の時間平均効果はモデル定数の値に反映されています。風波下の Downward bursting についても、モデル定数値の同定を通して、その効果を間接的にモデルに取り込むことができるものと考えられます。そのような観点から、本研究ではモデル定数値を風波乱流場の実験値に基づいて決定する立場を取っています。

討議者 森信人（電力中央研究所）

質疑

水面変位がある程度大きくなると境界層の定義が難しくなると思うがどうだろうか？

水面上の気流にも同様な境界層が存在するはずであり、そちらの境界層とのマッチングが必要なのではないかと？

回答

本研究では、レイノルズ応力が 0 となる深さを境界層厚さと定義しています。この境界層厚さは、本実験システムのような場合には半水深程度のオーダーになります。従って、水面変位が大きくなるケースにおいても、深海波を対象とする場合にはその定義はそれほど難しくはありません。

海面境界過程研究では、摩擦速度を通して空気側と水側の境界層のマッチングを行っています（主に運動量フラック

スのマッチング)。本研究では、水側の摩擦速度が与えられた場合に、風波下の乱流構造がどのように記述できるのかという問題を解析しております。従って、適切な摩擦速度さえ与えられれば、少なくとも両境界層間の運動量フラックスのマッチングは行われたことになります。ただし、高次の乱流特性量のマッチングについては、ご指摘の通りその妥当性について今後さらに検討する必要があると考えております。

論文番号 25

著者名 山下隆男・路 明・榊原 弘

論文題目 砕波による海面せん断応力を導入した吹送流の数値解析モデル

討議者 加藤 始(茨城大)

質疑

ここで使われている「吹送流」という言葉は従来考えられていた風により直接 induce される流れ(この場合水面下で非常に大きな速度勾配を持つ)のみでなく、風によって起こされた波により沿岸で起こされる流れまで含んでいるようですが、ちなみに、英語では何と言いますか? 従来から使われている吹送流(流出油の drifting とも大きな関係を持つ)とは別の言い方が適当ではないでしょうか? このような「吹送流」という term の使い方が最近では一般的なのですか?

回答

強風、高波浪時の沿岸域の広い範囲に発生する流れは、主として風により起動された沿岸方向の流れである。このような流れは「wave-induced currents」または「wave-driven currents」と呼ばれ、日本語では吹送流という言葉が使われてきた。

しかしながら、風のエネルギーは直接、せん断流として流れのみに移行するのではなく、むしろ、せん断流の多くは波浪を生成させるために使われる。生成された波浪は、白波砕波を介して流れに移行し、これにより吹送流場が形成される。このような観点から、生成された吹送流場は、海浜流系(nearshore current system)と呼ぶべきであるが、日本語では、海浜流というと砕波帯近傍での砕波による流れのイメージが強いので、広域に発生する(風と波浪により形成される)吹送流と海浜流とを合わせた流れ、海浜流系(nearshore current system)を、「広域海浜流」と呼ぶことを提案している。これは、著者らの提案であり、必ずしも一般的な term では無い。

風のエネルギーは流れに比べて効果的に波浪の運動へ伝達され、群速度で伝播する。この過程では、波浪の波形勾配と波齢とが大きなファクターになっている。波浪が浅海域に侵入し、浅水変形を受けて波形勾配が増大してくると、風から波浪へのエネルギー伝達率も増大するが、波浪の砕波調節機構も変化し、白波砕波率が増大する。これにより、波浪流れへのエネルギー変換のため沿岸域での吹送流の発生率が強化される。この吹送流場は、海浜流場の砕波帯外縁での境界条件を与えるもので、吹送流場と海浜流場とを切り離してはモデル化できない。このような意味からも、「広域海浜流」(nearshore current system)の概念が重要であると考えている。特に、海浜変形や物質輸送は「強風、高波浪時」の波浪、流れによって支配されるため、海岸工学的には従来の「海浜流」理論のみを用いるアプローチ法を再検討すべきであることを強調しておきたい。

論文番号 26

著者名 武若 聡・中村 崇・三崎尚一郎

論文題目 係留ビデオシステムを用いた砕波帯水理現象の解析

訂正

図 - 4 キャプションへの追加(最終行)

移動平均波形(平均幅 60 s) + 「3 倍にして表示」

討議者 森 信人(電力中央研究所)

質疑

- (1) 沿岸方向流速にはどのような特長が見られたか?
- (2) 渦度の空間分布は計算可能か?

回答

現在のところ、沿岸方向流速を推定する画像解析手法が確立されていないため、定量的な議論をする段階に至っていません。画像解析手法を改良し、沿岸方向流速の岸沖分布、時間変動、渦度場などを推定することを検討している段階です。

討議者 青木伸一（豊橋技術科学大学）

質疑

（１）波高計は砕波帯外に設置されているようである．水位の計測結果は砕波帯外の観測にしては長周期成分が短周期成分に比べて大きいと思われる（図 - 4 に関する質問）．

（２）画像（図 - 3）で白く見える点と砕波点は一致していると考えてよいのか？

回答

（１）訂正をご参照願います．筆者らの原稿作成のミスでご迷惑をおかけしましたことお詫び致します．なお，この時間帯では，波高計の設置位置でたまに砕波が生じていることがあり，波高計は完全に砕波帯の外側に位置してたとは言えない状況にありました．

（２）図の中央付近の白い帯は，砕波の開始点，砕波ボアの伝播を捉えたものです．スパイク状に沖側（図では下向き）に突出した白い部分の先端が個々の波の砕波位置に相当します．

論文番号 27

著者名 渡部靖憲・大塚淳一・安原幹雄・加藤雅也・王毅・佐伯浩

論文題目 実海域における砕波に伴う気泡生成及び連行特性

訂正

図-14 中の(a)崩れ波砕波をボア領域に訂正願います．

討議者 合田良実（（株）エコー）

質疑

図 2 では急勾配(1/3)の岩礁上の砕波のように見えますので，砂浜海岸（勾配 1/20 ~ 1/70）の砕波と形状が異なるのではないかと懸念されます．造波水路内に現地地形を再現され，砕波波形を確認されることをお勧めします．

回答

数海岸での現地観測結果を一般化するのはやはり難しく，他のできるだけ多くの海岸での観測結果をもとに総合評価する必要があると考えています．論文中に示した実験の地形が現地の地形と異なるため簡単に比較できない点からのご指摘とも受けとらせていただきます．今後，継続して新たな実験及び観測を行い，砕波に伴う気泡生成と流体及び海底砂への寄与を評価していく予定であります．

示唆に感謝致します．

論文番号 28

著者名 角野昇八・館川徹也・竹村健治・山岸達也

論文題目 沿岸砕波における混入気泡容積特性とその再曝気現象に与える効果

討議者 青木伸一（豊橋技術科学大学）

質疑

物質輸送速度とエネルギー逸散率の関係について；物質輸送速度は本来、気泡の表面積（気泡量、気泡径）との関係が大きいと思われる．一方、エネルギー逸散率については、流体内の気泡量および連行深との関連はあるものの、気泡連行に直接関係しないエネルギー逸散率もあるのではないのか？また、エネルギー逸散率と気泡量や貫入深さを関連づけた研究はあるのか？あれば教えて頂きたい．

回答

ご指摘の通り、エネルギー逸散率のすべてが界面での物質輸送に関わっているとは考えにくいかもしれない．ただ、本研究では、エネルギー逸散率のすべてが界面での物質輸送に関わっていなくとも、それに比例するという立場で現象を取り扱っている．詳細の解明は今後の研究に待たれることになると思う．なお、砕波帯でのエネルギー逸散率と気泡量や貫入深さを関連づけた研究は、著者らの知る限り、Hwang et al.(1992) のみである．

討議者 森信人（電力中央研究所）

質疑 1

論文中の実験は真水を用いて行っているのか？海水を用いた場合に関係式に違いは出ないのか？

回答 1

実験では真水を使っている．真水と海水（塩水）では、気泡にかかわる諸特性の結果に違いが出るのが指摘されて

おり（たとえば、気泡径は海水の方が小さいとされている）、当然、関係式の形も変わるものと予想される。本研究においては、まず使い勝手のよい真水で基本的特性を確認し、その後に海水（塩水）の影響の確認を行う予定でいる。なお、気泡特性に与える海水の効果に関する研究については、角野ほか（2000）に紹介されているので参照されたい。

質疑 2

数百マイクロm以下の気泡は水中にとどまる。気泡径に応じて取り扱いを変える必要があるのでは？

回答 2

気泡は粒径分布をもつので、Eckenfelder による式（5）もそれをふまえて平均径を用いる形となっている。ただ、緩斜面上での碎波によって取り込まれた気泡の粒径特性については現在全く不明であるので、ここではそれをとりあえず一定値として取り扱った。また、粒径分布の影響には、ご指摘のような浮力の影響による水中滞留時間の問題もある。これについても、粒径分布の問題とは別途に考える必要があると思われる。さらに、粒径分布や滞留気泡数は、当然のことながら、波のサイズの影響も受けると考えられるので、現地と模型の間でのスケール効果についても考察を加える必要があると考えている。

参考文献

Hwung Hweng Hwung, Jih Ming Chyan, and Yeong Chyang Chung, Energy dissipation and air bubbles mixing inside surf zone, Proc. 1992ICCE, pp.308-321, 1992.

角野昇八、細井由彦、竹原幸生、朝位孝二、杉原裕二、中村由行、吉岡洋、平口博丸、江藤剛治、中山忠暢：水表面での気体輸送に関する研究の最新の動向、土木学会論文集、No.656/2-52, pp.269-287, 2000.8

論文番号 3 1

著者名 水谷夏樹・安田孝志

論文題目 リーフ上の孤立波の微小碎波と崩れ波型碎波への遷移過程

討議者 斉藤武久（金沢大学）

質疑

波頂部付近の流体の凸部の形状を 2 次元断面で撮影するために、以下の手法を用いることはできないでしょうか？
ビデオカメラを波頂部付近の水平位置に、水槽側面ガラスに対して垂直に設置する。
レーザーシートによる水表面の乱反射をカメラの絞りを大きく絞った状態で取得する。
撮影上の注意点も含め以上をお教えください。

回答

まず、1. についてですが、水槽側面に対して垂直にカメラを構えるとレーザーシートの照射面と手前のガラス面での波形の両方が画像内に撮影されてしまいます。ガラス面での波形にはガラスの摩擦の影響が強く出てしまい、水表面の微妙な凸凹を捉えることができません。よって、水面に対して上方 30° からの撮影としました。

2. についてですが、水表面の凸凹により瞬間的に一点での反射が強烈になることがあります。これらの強い反射は、CCD カメラの構造上、「スミア」という画像内に白い縦縞を発生させてしまいます。この現象を防ぐには絞りを大きく絞る必要がありますが、画像内の他の部分との輝度値に差がありすぎるために、この一点に対応しようとすると他の部分が暗くなりすぎるようです。よって、本研究では光学フィルターを使用しました。なお、この光学フィルターは気泡が混在するような流体場においても効果的であることが分かりました。

参考文献：竹村裕夫(1997)：CCD カメラ技術入門，コロナ社，207p.

論文番号 3 2

著者名 水谷夏樹・安田孝志・武田真典

論文題目 碎波後の組織渦構造とエネルギー散逸の関係について

討論者 池谷 毅（鹿島技研）

質疑

大規模渦の移動速度をボア波速と比較していますが、流速と比較した例はありますか？

回答

ボア状態となった孤立波の水平流速場ですが、静水面より上の部分は線形長波の波速 $(gh)^{1/2}$ を基準とするとおよそ 1 ~ 1.2 倍程度、静水面より下の部分についてはボア直下で波速のおよそ $1/2$ 程度、ボアの後方領域ではおよそ $1/4$ 程度

です．本研究での結果は，組織渦の移動速度が実際のボアフロントのそれと比較しておよそ 1/2 でしたので，組織渦が存在するボア後方領域での静水面下では，渦の移動速度が周辺の流速場よりも速いようです．しかし，ここでの周辺の流速場はそもそも大規模渦によって励起される割合が大きいように思われます．ですから，一様な流れ場に存在する渦と周辺との比較のようには言えないものと考えています．

論文番号 33

著者名 川崎浩司・村瀬政善・岩田好一郎

論文題目 一様傾斜水域での砕波に伴う水中圧力の時空間変動特性

討議者 武若 聡（筑波大学）

質疑

水中マイクロホンを用いて，

i) 静水圧分布

ii) 圧力勾配（複数のセンサーを同時に使う？）

を計測することは可能でしょうか？

回答

本研究で使用しました水中マイクロホンは，0.1Hz～180KHz の周波数範囲にわたる圧力変動を計測するための機器です．そのため，静水圧分布を計測することはできないと考えております．また，複数の水中マイクロホンを同時に用いた場合，マイクロホン同士の干渉が発生する可能性があり，圧力勾配を高密度に計測することはできないと思います．

論文番号 34

著者名 倉田貴文・服部昌太郎

論文題目 Surface Roller の変動特性・・・

訂正

p. 166 の表 1 実験条件の記載を以下のように訂正いたします．

表 1 実験条件

実験	T(s)	H ₁ (cm)	H _b /L ₀	γ _b	砕波形式
1	1.23	5.5	0.031	0.29	中間性
2	1.23	3.0	0.026	0.31	巻き
3	0.80	5.5	0.064	0.19	崩れ
4	0.90	5.5	0.050	0.21	崩れ
5	1.00	5.5	0.046	0.23	崩れ

論文番号 37

著者名 大山 巧・石原 孟・灘岡和夫

論文題目 鉛直積分型 Reynolds 方程式に基づく平面 2 次元砕波解析法

討議者 岡安章夫（横浜国立大学）

質疑

「大規模渦のエネルギー 渦度分布 水平せん断力 乱れエネルギー」という形で考えてみたいということだが，砕波後の 3 次元的流体場に対して鉛直 2 次元的渦度を考慮するだけで十分なのか？

回答

水平断面における z 軸まわりの渦度については，Reynolds 方程式を数値的に解くことにより直接求められます（もちろん考慮できる渦のスケールは数値的な分解能に依存します）．これについては，急拡部を通過する孤立波に関する富澤ら（海工第 37 巻, pp.131-134, 1990）の実験との比較から，現状の平面 2 次元モデルでも良好な再現性が得られることを確かめています．水深積分型の方程式により砕波現象を扱う際には，いかにして水平流速の鉛直プロファイルを評価し，鉛直 2 次元断面での渦度をどの程度再現できるかが，最も本質的な問題であると考えています．

論文番号 38

著者名 有川太郎・磯部雅彦

論文題目 非線形緩勾配方程式を用いた砕波・遡上計算モデルの開発

討議者 大山 巧（清水建設（株）技術研究所）

質疑

式(14)において碎波減衰項が拡散項と（流速比例型の）線形減衰項の和で表されていますが、線形減衰項だけでもうまく計算できる気がします。２つの項の和で表す必要性についてコメントを頂きたい。

回答

線形減衰項だけでも、波高は減衰します。しかし、波形まで見ると、以前、佐藤・鈴木(1990)で検討されたように、波形の前傾化が失われます。本計算においてもそのような結果となりました。また、拡散項だけですと、本計算においては、平均水位のセットアップがうまく起こらないことがわかっています。これら２つの結果から、両方を足し合わせたところ、セットアップも波形の前傾化もうまく再現できることがわかりました。

討議者 岡安章夫（横浜国立大学）

質疑

速度ポテンシャルを仮定した波動理論の方程式を碎波帯の遡上域まで拡張して使用することはできるのでしょうか。

回答

遡上域では比較的乱れや渦が少なく、水深で積分してしまえば、その影響は小さいと思われます。つまりポテンシャル理論でうまくいくと思います。従って、碎波帯におけるエネルギーの減衰をうまく再現し、波形ならびに流速を精度よく求めることができれば、その適用に関しては問題がないと考えています。

よって、速度ポテンシャルを仮定した波動理論においては、いかに、渦や乱れがあるところでの波のエネルギーの減衰をうまく表現できるかということが重要だと思います。

論文番号 41

著者名 柴木秀之・中山哲巖

論文題目 密度成層と wave setup を考慮した多層高潮推算による熊野灘高潮痕跡値の再現

討議者 村上和男（中国工業技術研究所）

質疑

伊勢湾奥部の高潮偏差の結果はどうなっているのか。

回答

今回の高潮再現は、伊勢湾外の熊野灘を対象としているため、伊勢湾内は湾口に位置する鳥羽の再現性にのみ注目している。そのため、湾奥については再現性の検討を行っていない。この点を前提として結果をまとめる。

本論文で用いた海上風への低減率（風の変換係数）は 0.75 であり、これに密度成層を考慮すると、伊勢湾口の鳥羽における高潮偏差の推算値は観測値と一致し、伊勢湾奥の名古屋における高潮偏差の推算値は観測値よりも 10cm 程度過大となる。従来の単層モデルによる試算も行ったが、名古屋の推算値は観測値よりも 20cm 程度過小であった。

このことは、単層モデルで湾奥を再現する場合、さらに海上風への低減率を大きくする必要があり、一方、密度成層を考慮した多層モデルの場合、逆に海上風への低減率を小さくする必要があることを意味する。このように、単層モデルと多層モデルでは、湾奥の再現性を向上する上で、海上風の設定が異なると予想される。

伊勢湾内の高潮再現については、別途、湾外及び伊勢湾全域を対象とする再現計算を行っており、この再現計算では、湾内の海上風の再現についても検討を行っている。近日中にまとめる予定であり、参照されたい。

質疑

従来使用した係数はそのまま使えるのか。

回答

の回答でも述べたように、湾内の高潮偏差の再現性を向上するためには、従来の単層モデルにより使用した係数（海上風への低減率）よりも小さい係数を使用する必要がある。

これは、密度成層による湾口部の高潮増幅効果により、湾内全体の高潮偏差は数 10cm 程度上昇し、これに伴い、湾内で発生する高潮のうちの吹き寄せ量が、従来考えられている量よりも小さくなると推察されるためである。

論文番号 42

著者名 花山格章・関本恒浩・清水琢三・森屋陽一

論文題目 物理機構を考慮した高潮偏差推定式の適用性

訂正 式(1)

$$\eta_p = \frac{DP}{\rho g \sqrt{\frac{\hat{E}}{E} - \frac{V^2}{gh} + \alpha \frac{\hat{E} V^2}{E gh}}} \propto \frac{V^2}{gh}$$

討議者 柴木秀之((株)エコー 環境水理部)

質疑

気象庁等で過去に報告されている高潮経験式(重回帰式)に比べると、予測精度は低いように思われる。予測精度の比較は行ったのか?

物理機構を導入すると予測精度の低下につながるのか?

回答

気象庁の高潮実験式に門司地点の式がないため、比較はできません。そこで、本研究で使用したデータを用いて重回帰式を作成し、両者の相関を比較したところ同程度の結果が得られました。

物理機構を導入したことによる精度の低下はないと考えます。上述したように、重回帰式との相関が同程度であることから、予測精度についても少なくとも同程度は確保されていると考えます。ただし、地点毎の定数の選択や共鳴機構による高潮増大機構の改良など、実験式の精度を向上させていくことが必要と考えます。また、物理機構を考慮した高潮偏差実験式を作成した目的は、高潮偏差推定および極値推定において、従来の重回帰式のような高潮データ選択や台風経路による場合分けを行わず、客観的な評価を可能とするところにあります。

また、従来の重回帰式には高潮データ選択や台風経路による場合分けなどが精度向上のために行われています。本研究ではこうした主観を取り除き、高潮偏差推定および極値推定において客観的な評価を可能とすることを目的としています。

気象庁等の経験式と比較した場合に相関が低いと感じられるのは、本研究における高潮偏差推定式は、高潮や台風について場合分けをしたり、使うデータの制限をしていないためと考えています。

論文番号 44

著者名 泉宮尊司・岡本佳世

論文題目 漸近理論を用いた重み付最小二乗法ならびに最適分布の評価

討議者 合田良実(株式会社 エコー 顧問)

質疑

図-9で $N=10$ のときに、FT-I 型分布が $k=2.0$ のワイブル分布に間違われる例があるのは、使用された母数の値によるのではないかと思います。図-9~11の A と B の値、ならびに 10 年、50 年確率波高の値をお教え下さい。

回答

FT-I 型の場合には、 $A=1.39$, $B=4.50$ を用いています。ワイブル分布の $k=1.0$ の場合、 $A=4.76$, $B=0.39$ を、 $k=2.0$ の場合にも、 $A=4.76$, $B=0.39$ を用いています。FT-I 型分布の 30 年および 50 年確率波高は、それぞれ $H_{30}=9.20\text{m}$, $H_{50}=9.92\text{m}$ です。ワイブル分布については、 $k=2.0$ の場合、 $H_{30}=9.17\text{m}$, $H_{50}=9.80\text{m}$ ありますが、 $k=1.0$ に関しては波浪を対象としたものではなく、 $H_{30}=16.6$, $H_{50}=19.0$ と大きな値を採用しています。これは、形状母数 k のみを変化させて、尺度および位置母数を変化させなかったことによっています。

討議者 高山知司(京都大学防災研究所)

質疑

限られたデータを用いて最適分布を推定すると、母集団の分布が異なる場合が生じる可能性がある。このような場合に、どのようにして信頼設計に用いる母集団を設定すればよいか教えてほしい。

回答

これは、かなり難しい問題であると思います。まず、最適分布を評価するいずれの手法を用いてもデータが有限であれば、誤り確率が存在します。数学的(確率論的)には信頼区間の小さい分布の方が信頼度が高く、誤り確率が小さいとして採用するのが普通ですが、設計をする場合には小さめに誤ることはできるだけ避けた方がよいので、数学的な考えをそのまま用いることはできないと思います。私が現在考えている方法は、候補分布関数をできるだけ多くして極値解析を行い、AIC 基準等による評価基準により上位 3 から 4 位くらいまで絞り、それらの分布関数を用いて、10 年、

30 年, 50 年, 100 年および 200 年確率値とそれぞれの分散あるいは標準偏差を求め, それらの値が小さ過ぎる分布関数および大き過ぎる分布関数を吟味して取り除く方法です。こうすることによって, 残った 2 ~ 3 の分布の再現確率値および標準偏差は殆ど差が無くなり, いずれの分布関数を用いても, レベル II の設計では余り差異がなくなると思います。Jackknife 法という resample 手法が提案され, 最小の分散を示す分布関数を最適分布関数として採用する方法が提案されていますが, この方法は, 設計外力を設定する際に用いるにはやや危険な感じがします。それは, R 年再現確率値の分散や標準偏差は, 分布関数形状に依存しているので, R 年再現確率値が小さい分布ほど標準偏差が小さい傾向にある場合が多いからです。

討議者 北野利一 (名古屋工業大学)

質疑

最小二乗法による極値分布の母数推定法について, 従来法に対し, より合理的であり, 優れた方法であると思います。また, 本解析法は, 言葉を換えると順序統計量の結合分布に対する最尤法になっているとも言えます。(以上, コメントです)

質問: 式(8)において, 母数 A, B を推定する際, 母分散 を一定として扱われていますが, この条件は, 推定結果に悪影響を及ぼしませんか?

回答

推定結果に特に悪影響を及ぼすことはないと思います。この母分散 だけは, 分布関数に寄らず一定の(神様から与えられた)値, すなわち真の値としています。こうすることによって, バイアスのない推定が可能になります。もし, 母分散も母数 A の関数として推定すると, 標準偏差はやや小さくなるかもしれませんが, バイアスが必ず発生します。したがって, 本研究で用いた方法により, 最良線形不偏推定量(BLUE: Best Linear Umbiassed Estimator)が実現できていると思われます。

論文番号 46

著者名 畑田佳男・山口正隆・大福学・李敏杰・野中浩一

論文題目 浅海における波候に及ぼす沿岸地形の影響の検討

討議者 合田良実((株)エコー)

質疑

沿岸域の波高が沖合に比べて小さいのは基本的に風波が主体であってフェッチの影響を受けるためと考えられますが, それでよろしいでしょうか。逆に北系の大時化のときには地形の影響が小さくなると思われませんが, そうした事例は見られなかったでしょうか。

回答

フェッチを方向別対岸距離と考えるならば, 御指摘の通りです。すなわち, 対象沿岸地点では, 沖合地点に比べて地形による波浪の遮蔽効果や水深変化に伴う屈折の影響を強く受け, 波高が減少します。また, 北系の大時化のときには地形の影響が強く作用しますので, 岸側地点の藍島や津屋崎における波高は小さくなります。地形の影響がほとんど作用しないW寄りの波向の場合には, 沖合地点と岸側地点の波高の間にあまり差を生じません。

論文番号 47

著者名 栗山善昭・灘岡和夫・武若 聡・岡安章夫・片山裕之・森 信人・内山雄介

中島 剛・田村 仁・堀口敬洋・澤田浩一

論文題目 浅海域における長周期水理現象に関する総合的現地観測

討議者 青木伸一(豊橋技術科学大学)

質疑

流速計の数が少ないので空間分解能が低く, エイリアシングの影響が波数スペクトルに現れていないか?

回答

流速計の間隔が小さくとも 40 mあるので, ご指摘の通り, エイリアシングの影響はスペクトル解析結果に含まれていると考えられます。しかしながら, 図-4(1)にも示されているように沿岸方向の波数が大きくなるにしたがって(波長が短くなるにしたがって)スペクトルの密度が小さくなっているため, 定性的にはエイリアシングの影響はそれほど大きくないのではないかと考えています。

論文番号 48

著者名 関本恒浩・森屋陽一・水口 優

論文題目 自由長周期波の発生とその定量的評価に関する理論的考察

討議者 青木伸一（豊橋技術科学大学）

質疑(1)

示された種々の成因のうち、現地海岸ではどれが最も支配的であるとの印象をもっておられるか。

回答(1)

発生する自由波の振幅だけから考えると、波群の伝播変形や海底勾配の急変により発生する自由波は砕波点の変動に伴い発生するものはほぼ同程度か、水深などの条件によっては波群の伝播変形や海底勾配の急変によるものの方が支配的となると考えられます。ただ、発生機構を考えると波群の伝播変形により発生する自由波と海底勾配の急変により発生する自由波の位相が逆に近くなると思われるため（水深や基本波および長周期波の周期などに依存しますが）、結果としてこれらを合成した自由波はそれほど大きくならないと考えられます。よって条件にもよりますが現地海岸では砕波点の変動による自由長周期波の発生が支配的ではないかと思います。ただこの回答は定性的なものですので、もう少し正確な議論を現地観測データなども絡めて考えてみたいと思います。

質疑(2)

港内の長周期振動を解析する場合、入射波を自由波として与えてよいという根拠について。

回答(2)

本研究では、防波堤による拘束波の回折散乱では自由波は発生せず、基本波の変形に伴い拘束波が自由波に置き換わることを示しました。特に、港内は基本波に対し静穏性を確保するように計画されるため比較的短い距離の間に基本波が大きく減衰します。このため、拘束波のほとんどがそのまま自由波に置き換わると考えて良いこととなります。また、防波堤が設置されるような海域では長波の波速と群速度に大きな違いが見られません。したがって、防波堤周辺では拘束波と自由波とで見かけ上性質の違いがありません。これらのことから、港外の長周期波をすべて自由波として与えて数値解析を行ってもよいと考えます。ただし、ここでの議論は港口部から入ってくる長周期波を対象としたものです。喜岡先生のご研究（論文番号 145）によればマウンドを透過する長周期波が無視できない場合もあるようですので、これについては別途の考慮が必要となります。

論文番号 49

著者名 加藤始・大島直樹・信岡尚道

論文題目 画像流速計を用いた吹送流の鉛直分布に関する実験的研究

討議者 磯部雅彦（東京大学）

質疑

測定流速から式（3）で定義される波動成分を差し引くことによって定義される吹送流成分が図-10のように位相によって変動している。この変動は吹送流の影響によって波動成分が変化するためであるとも解釈されるので、この観点からデータを見ることも興味深いのではないか。

回答

ご指摘いただき有り難うございます。式（3）で波の軌道流速成分が十分に表されているかどうかということも含めて、ご指摘の点を再検討してみます。

論文番号 50

著者名 加藤始・信岡尚道・鈴木政則・村上晴通

論文題目 不安定成層時の成分波の発達率及び規則波と共存する風波に関する実験的研究

討議者 細山田得三（長岡技術科学大学）

質疑

風波に対する温度成層の影響が入る物理的説明をお願いします。温度の影響は、例えば水の物性値を変化させます。どのような物理プロセスが効くのでしょうか。

回答

温度成層により風の乱流特性が変わり、不安定度が増すほど水面に働く風の摩擦速度が大きくなり、風から水面に伝わる運動量が大きくなっています。

討議者 駒口友章（(株)テトラ 本社環境事業本部）

質疑

波浪推算では、温度の影響は温度風効果として風のモデル（例えば Cardone）で考慮されているが、その程度では不十分なのか？

実際の Miles の発達率は実験室の値よりも非常に大きな発達率として考慮しないと波浪推算の精度が低下する原因となるが、本論文の温度差による発達率は S_{nl} の発達に対する寄与に比べてどの程度と考えれば良いか？

回答

一般に温度風は平面的な温度の違いによる地衡風の高度変化を表すものだと思います。本論文の結果の1つは（まだ単なる推論ですが）、温度成層の下でも風の摩擦速度 u^* が正しく求められれば、その u^* と中立成層の時の発達率の式を使うことにより、温度成層下での波浪推算が行えるというものです。Cardone モデルでもモニンオブコフの理論を使って海面上 10m での風速 U_{10} と海面に働く風の摩擦速度 u^* を直接計算できるようになっているので、その u^* が正しければそれを使えばいいということになります。ただ何故か知りませんが、最近の波浪推算では U_{10} をまず求め、次に風の抵抗係数 C_D を使って u^* を計算することが多いようで、 C_D に及ぼす風と海面との温度差の影響が研究されています (Smith, 1982; 加藤他, 1998)。

ご質問に直接お答えするのは難しいが、本論文ではある成分波の発達率を非線形相互作用による S_{nl} の影響を排除して測定しています。ただし複数の成分波が共存するとき、このようにして求めた発達率が全ての成分波に対して成り立つかどうかはまだよく分かっていないことで、それは今後明らかにすべき問題です。

論文番号 5 1

著者名 川口浩二・橋本典明・永井紀彦

論文題目 波浪推算における非線形相互作用の働きとその精度が及ぼす影響

討議者 畑田佳男（愛媛大 環境建設工学科）

質疑 1

一様風発達図（図-1）の発達期（3h 後）に、波高 H の減少が見られるが、その原因は何故か（非線形項の相違によるものか、 f データの間隔が不十分であることによるのか）

回答 1

現時点では詳細な検討を行っていないため、なぜ発達初期において波高が減衰しているのかわかりません。ただ既往 WAM と拡張 WAM との違いは、非線形相互作用項の計算において考慮する組合せ数が異なるだけなので、それが何らかの原因であると考えられます。

また、既往 WAM（実線）の発達の仕方をみると、推算開始約 6 時間までは直線的に増加し、その直後、線が折れ曲がって発達が緩やかになっています。一方、拡張 WAM は滑らかに発達しています。このことから、ただ単に今回基準にした既往 WAM に問題があり、それを基準にしてしまったため、このような結果になったのかな？とも考えています。

質疑 2

図-1、 $t=0$ で波高は一致しているのに波高 H が異なるし、1 でないように見えるのは何故か。

回答 2

波高比のグラフ（図の右軸）を少し強調して書き過ぎてしまった、図の書き方に問題があったと考えられます。図の右側でみると波高の違いは $t=0$ で最大 5% で、波高の大きさに換算して約 15cm です。

質疑 3

図-1 で初期条件を変えることにより結果は変わらないか？（初期条件はどんなものか、例えば風速 1m/s 相当の JONSWAP $\cos^4$ 方向分布等）。

回答 3

具体的な検討は行っていないませんが、初期条件の違いによって結果が変わる考えられます。今回の初期条件は、0.5 度メッシュの領域に $U_{10}=20\text{m/s}$ の一様風を与えて計算を行いました。

論文番号 5 2

著者名 小林智尚・飯野智彦・足立忠行・安田孝志

論文題目 海上風データの時空間分解能が波浪推算に及ぼす影響

討議者 二瓶泰雄（東京理科大学 土木）

質疑

気象モデル ARPS にはデータ同化を行うオプションがあるか．

回答

ARPS には nudging によるデータ同化がオプションとして提供されています．（会場ではオプションがないと返答してしまいました．すみません．）

討議者 駒口友章（（株）テトラ）

質疑

「海上風データの時間分解能が低い場合には波浪推算結果に時間遅れが発生する」となっているが、うねりの伝播計算の精度による影響が大きいのではないか．図-3 では 1 月 6 日ごろの時間分解能 15 分の結果は観測値の変化よりも早すぎるのではないか．

波向変化のチェックは

回答

対象とした期間では強風が吹いている期間が長い、スペクトルを見る限りうねり成分は風波成分に比べてかなり小さい、ということからうねりの影響はほとんどないと考えております．また図-3 では 1 月 6 日だけでなく全体的に時間分解能 15 分の計算結果が、観測値よりも早く変化する傾向があります（図-4(a)のとおり）．この原因については詳細に検討しておりませんが、原因の一つとして気象モデルでもとめた海上風が実際の海上風と異なっている可能性もあります．本研究では気象モデルを実行する上で十分な観測データが提供されているとはいいがたいために、ここでは気象モデルで精度の高い海上風を算出できたとは結論付けておらず、その意味で波浪の観測値はあくまでも目安として表示しております．本研究では海上風データの時間分解能を変えることにより、推算結果が異なることに着目してください．波向は計算しておりますが、チェックしておりません．

論文番号 53

著者名 森 信人・平口博丸・筒井純一

論文題目 気象モデルを用いた波浪推算の高精度化

討議者 合田良実（（株）エコー）

質疑

ECMWF 客観解析データのように、グリッドサイズの大きなデータを利用する場合に攪乱域が小さいけれども中心気圧が非常に低い豆台風のような気象擾乱をどれだけ再現できるかが気になります．1970 年 1 月の島根沖低気圧による島根沿岸の波浪災害がその典型です．

回答

内挿やマスコンモデルと異なり、領域気象モデルを用いた場合、上記のような局所的な気象擾乱を再現することは原理的に可能であると言えます．再現計算の場合には、外・内境界条件の設定に改良の余地があり、今後上記のような気象擾乱の再現計算を進めたいと思います．

討議者 駒口友章（（株）テトラ）

質疑

日本海では、冬は長軸方向のうねり成分が存在している場合が多い．図 5 (b)の山形沖の結果は、ECMWF 風による 1～2 日のスピンアップを行った後の NE 方向からのうねりが考慮されていない為に H1/3,T1/3 とともに過小評価となっているのではないかと？

回答

図 5 の計算結果は、全て ECMWF 客観解析データを用いてスピンアップをしており、初期条件としては問題ないと考えている．むしろ低気圧の位置の再現性が悪く、これが H1/3 の過小評価につながっていると思われる．日本海側における低気圧の再現精度が悪い原因としては、大陸の境界条件（温度等）が考えられ、今後改良する予定である．

討議者 大沢輝夫（岐阜大学）

質疑

MM5 の最下層 45m の風速を U10 に直すときに安定度の効果は入れているか

回答

U45 を U10 に直す場合、安定度の効果は考慮していない。なお最新のコードでは、U45 ではなく、U*を直接用いている。

質疑

対象領域に対して、計算領域が広いのはなぜか？

回答

うねりの影響を考慮するため、周期 30 秒程度のうねりが 3 日程度伝播可能な計算領域をとった。太平洋側についてはこの程度の計算領域は最低限必要であると認識している。