

論文番号 1

著者名 柿沼太郎

論文題目 空間や時間に関して積分した積分型非線形波動方程式

討論者 山下隆男（京都大学防災研究所）

質疑

流体の非圧縮性、非回転運動を仮定した積分型非線形波動方程式を基礎として、種々の工学的問題に応用できるように挑戦しておられますが、問題が複雑になればなるほど、解法が巧妙になればなるほど、基礎式の「仮定」がどこまで許されるのかに留意して方法論を展開する必要があります。仮定の許容範囲を明確にしながら、理論、解法を発展させて下さい。

また、このコメントに対するご意見があればお聞かせ下さい。

討論者 日野幹雄

質疑

この方法は RiT₃ 法や FEM を非常に一般化した方法と思えられるが、良いか？とすれば、不連続性の弱い場合はどのようなになるか、関数系の不連続性を表現しやすい系に選択すればよいのだろうか？

論文番号 2

著者名 嶋原良典、今村文彦

論文題目 長波計算における数値分散性を利用した擬似 Variable Grid System の提案

訂正

式の誤りを以下のように修正する。

式 (8)・・・第 4 項目の偏微分は 2 階

式 (9)・・・第 2 項目の符号は負ではなく正。

式 (11)・・・大括弧の前の + 符号は乗算符号 (×もしくは・) が正しい。

討論者 山下隆男（京都大学防災研究所）

質疑

擬似微分方程式を用いて物理的な拡散・分散特性を差分計算の中に取り込んでくるためには、どのオーダーで物理的な場を決めるかが問題となる。本論文では、Peregrine 式のオーダーで分散項を近似できるように、非線形項から発生する数値粘性を、考えているオーダーで除去できるように、計算アルゴリズムを考えているが、ここでは、非線形性と分散性のバランスが議論されていないように思われる。どのオーダーリングでの数値解、近似解を出そうとしているのか検討する必要があるのでは？

回答

本研究では、2 次の打ち切り誤差である数値分散を分散項として利用しているため、分散項の差分のオーダーは 4 次精度である。一方、移流項に関しては、1 次の数値粘性のみを誤差抑制項によって消去しているため、2 次以降の誤差は残っている。特に、ここでの 2 次の誤差は分散性を有しているため、物理分散項に対する影響について評価しなければならない。しかしながら、さらに高精度な数値解を得るためには、この誤差は取り除く必要があると考えている。よって今後は、移流項からの高次の打ち切り誤差を消去する、または高次精度の風上差分を利用する、等の検討を行いたい。

論文番号 3

著者名 曙光, 山城 賢, 吉田明德, 入江 功

論文題目 BEM と VOF を結合した波動場解析

討論者 青木伸一 (豊橋技術科学大学)

質疑

1. 線形理論との差を計算誤差として評価しているが、それで誤差評価が可能か？
2. BEM と VOF の接続をどこで行うかについての判断基準は？

回答

1. 本解析モデルは非線形波を対象に開発していますが、本文では、提案した結合法により BEM 領域から VOF 領域への波の伝播と、VOF 領域からの反射波の BEM 領域への伝播という基本的な性能について、まず線形理論について計算精度の検討を行っています。現在は非線形波（5 次ストークス波）による検証を行っており、その後、著者らが以前行った潜堤を対象とした実験結果との比較を予定しています。
2. 現段階では決定的な判断基準を持っていませんが、BEM は波動がポテンシャル理論で表される領域で利用し、VOF は碎波等の影響が顕著に現れる範囲で利用することを想定しています。また、VOF には計算時間や計算容量の増大に加えて伝播に伴い波が減衰するという問題があるため、VOF による計算はできるだけ狭い範囲にとどめるべきであると考えています。例えば、潜堤の場合、潜堤上で生じる碎波による擾乱は水深の 3～5 倍の範囲で影響し、それより離れると波は十分に再生しています。したがって、潜堤近傍の水深の 3～5 倍の範囲が VOF による計算領域となります。対象構造物や波浪条件の異なる幾つかのケースについて接続位置を変えた計算をしておくことによって、具体的な問題に適用する際の接続位置の判断基準が得られると考えています。

討論者 池谷 毅 (鹿島建設(株) 技術研究所)

質疑

御提案の BEM 法と VOF 法とを組み合わせた方法は実現すれば実用的な方法になると思われます。今回計算結果を示して頂いた進行波のケースについては、大きな問題とはならないかと思いますが、碎波現象など空気を水中に巻き込む現象を VOF 法により計算する場合は、圧力の計算結果にスパイク状のノイズが入ることがあります。こうしたケースでは BEM との接続に問題が生じる可能性がありますので、今後検討頂ければ幸いです。

回答

おそらく数値波動水路におけるスパイクノイズを想定されていると思います。本解析法で使用する VOF 法は SOLA スキームを使用 (SOLA-VOF) しており、数値波動水路で使用している SMAC スキームとは異なり、圧力算定の際に収束計算を行うため、急激なスパイクノイズは発生しにくいと考えています。しかし、水面付近で圧力が不安定になることがあり、そのような場合には BEM との結合に問題が生じます。ご指摘のとおり、この問題は碎波が生じるような場合にはより顕著になると思われます。現在のところ、BEM との接続は、碎波による擾乱の影響が及ばず十分に波が再生した領域で行うため、碎波点近傍で圧力の算定結果が多少おかしくなっても、BEM との接続位置における影響は小さいと考えていますが、今後、碎波等の複雑な現象に適用していく過程で、圧力が異常値を示した場合についてプログラム上の対応

を検討する必要はあるかもしれません。

論文番号 4

著者名 桜庭雅明, 檜山和男

論文題目 Level set 法を用いた安定化有限要素法による自由表面流れの数値解析

討論者 水谷夏樹 (国総研)

質疑

比較的安定的なケースで比較されているが、ALE に対する Level set 法のアドバンテージは？

回答

今回提示した論文は比較的自由表面の変化が少ないものであるが、他の計算では ALE 法では計算できないような複雑な自由表面現象を解析することが可能であると考えます。

討論者 由比政年 (金沢大学)

質疑

気泡の変形計算など、表面張力の効果が重要な場合に、格子依存性や安定性が問題になることはなかったか？

回答

表面張力を外力として取り組んだ計算についても行っている。格子依存性については詳細の検討は実施していないが、依存すると考えている。

討論者 沖和哉 (京都大学)

質疑

1. 沖側入射境界 (特に液相・気相付近) での Level set 関数の与え方について教えて頂きたい。
2. 計算領域内からの反射波を沖側境界でどのように処理しているか？

回答

1. 液相部分において流速を与え、水位変化については Level set 関数全体を変化分シフトするようにして与えた。
2. 今回の検討については沖側境界での反射波処理は行っていないため、今後の検討課題とした。

討論者 山下隆男 (京都大学防災研究所)

質疑

1. 安定化有限要素法の基礎式 (8) の Shock-Capture 項は、砕波や風の乱れ場に対してどのように可溶しますか？
2. 乱流モデルとの併用が必要となった場合、安定化有限要素法の適用が可能ですか？
3. CIP との比較において、どの程度まで、乱流場の再現性が期待できるかをお教えください。

回答

1. 本研究で適用した安定化有限要素法は、SUPG 項、PSPG 項および衝撃捕捉項により安定化項を構成しており、弱形式が 0 となるようにする働きをしている。特に砕波や風の乱れ等に対して衝撃捕捉が可溶するとは思わないが、砕波等の問題に対して今後比較検討を実施したい。
2. 可能である。
3. 現時点では再現性の期待に対しては不明である。今後の検討事項としたい。

論文番号 5

著者 後藤仁志，五十里洋行，八木哲生，酒井哲郎

論文題目 MPS 法よる碎波解析のための自由水面境界条件の改良

討論者 山下隆男（京都大学防災研究所）

質疑

MPS 法の表面条件を表面張力の効果を導入することで，計算を自然に見せることができたのが，本論文のポイントだと理解してもよろしいですか？すなわち，ここで言う表面張力は，いわゆる界面張力そのものを記述したのではなく，そのような力に相当した特性をモデルに導入したと解釈しますが，これに 関する著者のコメントを下さい．

回答

本研究で用いた表面張力モデルでは，粒子 1 層分の厚みを持つ領域に体積力 換算した表面張力が導入されます．したがって，粒子スケール以下の液滴の分 裂現象に関連するようなレベルでの表面張力を扱うことはできません．粒子ス ケールにおいては物理的に妥当な力を算定していますが，粒子スケール以下で は表面張力の作用を考慮していないことになります．この点は，格子ベースの 方法でも同様だと考えます．

討論者 水谷夏樹（国総研）

質疑

1. 表面張力係数は粒子の大きさに依存すると思うが，係数のキャリブレーションはどうするのか？
2. 1 粒になった飛沫は表面張力を定義できないと思うが，飛沫分布を求めるのに表面張力が支配的となる考え方とは矛盾が生じる．飛沫分布を求める場合にはどうするのか？

回答

1. 表面張力は水表面の厚さで規格化を行っているため，表面張力係数は水の物性値を用いています．ただし，あまりに大きい粒径を用いる場合は作用点の精度が低下するという問題はあります．
2. 確かに粒子スケール以下の現象には表面張力を導入していません．飛沫の分布域に表面張力の導入による相違が見られたのは，粒子スケール程度の解像度における表面張力の作用が，水塊分裂過程に影響することを示唆しているためと考えています．

論文番号 6

著者名 後藤仁志，林 稔，安藤 怜，鷺見 崇，酒井哲郎

論文題目 砂礫混合層を伴う混相流解析のための DEM-MPS 法マルチスケールリンクの開発

討論者 山下隆男（京都大学防災研究所）

質疑

二相流体の MPS 法には論文番号 5 の表面張力による自由水面境界条件の改良 は導入されていますか？二相流体の場合，どのように自由水面境界条件を改良 するのですか？

回答

二相流体の MPS 法には表面張力モデルを導入しておりません．混相流でも表 面張力の扱いは単相流と同様です．ただし，異なる相の粒子が複雑に混合する と表面曲率の計算に支障が生

じます。これに対応するには、粒子スケールを小さくして解像度を上げる以外にありません。

討論者 有川太郎（港空研）

質疑

バネ定数やダッシュポット定数は個別要素法において大切と考えるが、固相のみの計算結果の妥当性はどうか？また、計算コストはどの程度か？

回答

個別要素法のチューニングパラメータの扱いには注意が必要です。通常の個別要素法では、接触点に単独の Voigt 系を挿入して接触力を計算しますが、このモデルでは、別の固体粒子（礫等）を構成する粒子相互の近接状態によって複数点接触になる場合があります。したがって、礫を壁面に衝突させる予備計算でパラメータをチューニングしています。計算コストについてですが、個別要素法の導入により計算負荷が大きくなるので、Pentium4 搭載のパソコンで、実時間で 10 秒程度の現象の追跡に CPU 時間で 5 から 6 時間程度を要します。

論文番号 7

著者名 陸田秀実

論文題目 二相流体における流力弾性連成解析

討論者 池谷毅（鹿島技研）

質疑

1. 信頼できる計算が可能なレイノルズ数の範囲を教えてください。
2. 内部波の形成の計算は可能ですか

回答

1. 本モデルは、レイノルズ数 10^6 程度までの解析が信頼可能であります。その際、物体表面極近傍の最小格子サイズと時間間隔の選択が重要となります。自由液面挙動の詳細な追跡を行う場合は、自由水面付近の鉛直格子間隔に対する検討が今後必要と考えております。
2. 本モデルは、密度差の大きい二相界面の砕波を伴う大変形問題に適用可能です。したがって、内部波の生成・発達・減衰問題への適用も十分可能なモデルです。

討論者 水谷法美（名古屋大学）

質疑

直立円柱周りの水位変動に関して、円柱前面での水面が上がっていないのはなぜでしょうか？ また、高レイノルズ数と低レイノルズ数で前面の水面形状に差が生じるのは何故でしょうか。

回答

本計算条件の場合、実際には若干水面は挙がっていることを確認しております。ただ、その上昇量などについて、剛体円柱の場合とは異なりますので、その検証は今後必要と考えております。本モデルで、数種類のレイノルズ数に対して計算を行った結果、非定常な弾性円柱の変形挙動に差が現れ、さらには円柱前面の圧力場・鉛直流速は非定常に変化します。したがって、レイノルズ数によって、弾性円柱の変形挙動は異なりますし、円柱前面の水位上昇・変動にも差が生じます。なお、鉛直方向の格子数が水面挙動に与える影響については、今後検討する重要課題の一つと考えます。

質疑

この研究では、円柱直径を 1 とし、 $Re=15000$ 程度の計算をされていますが、このような高速な流れに対しては流体の圧縮性の影響については特に考慮しなくても問題ないでしょうか？

回答

本モデルの Re 数は 1.0×10^4 及び 1.5×10^5 で行われています。本計算を行うにあたり、圧縮性 NS 方程式に基づく数値計算も事前に行いました。その結果、圧縮性の影響は無視できると判断されたため、計算安定性の面と数値計算時間の短縮の理由から、非圧縮 NS 方程式に基づく数値計算を行うことにしました。

討論者 山下隆男（京都大学防災研究所）

質疑

自由表面の追跡モデルと乱流モデルとの関係を教えてください。特に、風波の発達機構を説明する問題に、このモデルを適用した場合には、どのような問題がありますか？どの程度解析できますか？

回答

自由表面追跡に密度関数法を使用する場合は、今回の CIP-Level Set 法を用いたとしても、界面付近において、いくらかの数値拡散は避けられません。今回の計算では、質量保存則に対するエラー 3 % 程度で計算を止めることにしております。風波の計算を行う場合、吹送時間、吹送距離が重要となりますが、長時間の数値積分を行う場合、前述の数値拡散は重要な問題となってくるため、数値拡散に対する本モデルのさらなる改良が必要と考えます。

論文番号 8

著者名 梅山元彦, 野田有一, 三野史朗, 井上貴子

論文題目 乱流混合モデルを用いた波・流れ共存場のオイラー平均流速分布解析

討論者 有川太郎（港空研）

質疑

波と流れの方向が 45 度など角度をもった場合に対して何かお考えをおもちであればおしえてください。

回答

波と流れの方向がある角度を持った場合の実験は、Van Rijn ら (JWPCO, Vol 121, No.2, p.123-133, ASCE, 1995) によって行われており、その結果から角度によって徐々に平均流速分布が変化していくことがわかります。Van Rijn の実験は不規則波についてのみですが、規則波についても同様な結果が得られるものと想像できます。

討論者 佐藤道郎（鹿児島大学 工学部）

質疑

波と流れの共存場の理論解析に当たって、流れの成分として、波がない場合の流速分布よりも、(15), (18) で示されたような流れを考えた方が良いということになるのでしょうか？

回答

波が定常流とともに伝播する場合、単純に流れの速度成分に波による輸送速度成分を足し合わせても平均流速にはならないことは、20 年ほど前からわかっていました。しかしながら、その理由についての理論が紹介されはじめたのはごく最近になってからです。どの理論が優れているかは今のところわかりませんが、波と流れの共存場に於ける平均流速分布は対数分布では

表せないという点では一致しています。今回提案の理論では、波と流れの方向が同一の場合は式(15)と(17)、波と流れの方向が逆の場合は式(15)の置き換えたものと(18)を使えば、波と流れが相互作用した後の平均流速を計算できるとしております。

討論者 由比政年（金沢大学）

質疑

実験の際に水槽の幅方向で、波・流れ場が非一様に(平面二次元的に)なることはなかったでしょうか。

流れを幅方向に一様に保つために何か工夫された点はありませんでしょうか。

回答

水槽の幅方向での循環が原因で波・流れ共存場での平均流速分布に変化が起きると考える研究者もいますので、できるだけそのような二次元的な循環が無視できる状況下で実験を行ったつもりです。

特に流れを幅方向に一様に保つための工夫はしませんでした。側壁の影響があまり現れない程度の流量で実験を行いました。

論文番号 9

著者名 鈴木智浩，谷本勝利，Phung, Dang Hieu

論文題目 潜り堰近傍における塩水層の波動下での挙動

討論者 有川太郎（港空研）

質疑

減衰定常波の影響は、内部波のみで表面波への影響はないのか？理由を教えてください。

回答

減衰定常波の影響は、内部波だけでなく表面波についても影響がある。

論文番号 10

著者名 有澤秀則，下山敬次，池淵哲朗，下土居秀樹，中本幸人

論文題目 海水交換型防波堤の海水交換量の数値シミュレーション手法

討論者 佐藤道郎(鹿児島大学・工学部)

質疑

1. 波数の設定は反射・再反射を考慮して決定されているようであるが、むしろ堤体側の現象が重要ではないかと思われる。そこで、ここで決められた波数は、堤体部の現象が定常的になるのに十分であったか。
2. 造波によって、計算領域内に水がポンプ作用を受けて入ってくると思われるが、どのように調節しているか。

回答

1. 本論文では波数に対する堤体部の現象の定常性について詳細には検討しておらず、十分であるとは言いきれません。しかしながら、海水交換量の時刻歴(図-9)では、 $t=17s$ 以降はほぼ定常に近いと考えております。なお、これらの波形に多少の変動が見られますが、これは、衝立パネル先端での波崩れ等の非線形現象の影響によるものと考えております。
2. 波の進行方向に垂直な断面を通る水の輸送量が総和として零になるべき条件を入れてお

ります。すなわち、波の進行による質量輸送量を補償するために、深さ方向に一樣な戻り流れを与えております。

論文番号 11

著者名 中嶋光浩, 由比政年, 間瀬 肇, 石田 啓

論文題目 複合防護施設周辺の複雑波浪場に対する高精度数値予測モデルの構築

討論者 山田文彦 (熊本大学工学部環境システム工学科)

質疑

1. 砕波およびその後の波の再生・再砕波のプロセスで使用されている砕波条件の普遍性について教えてください (その中で使用されている2つのパラメータの決定方法・普遍性)。
2. 高次分散項などを基礎式に含むようですが、特に2次元の計算の場合、計算安定性に対する空間メッシュ、時間ステップの影響について教えてください。

回答

1. u_r については、渡辺・丸山(1984)を参考に、一定値 $0.25\sqrt{gh}$ としました。この値を前提とし、従来の一樣勾配斜面の実験ケースを参考に δ を変えて計算を行った結果として $\delta=0.8$ を採用しています。一樣勾配斜面以外の地形に対しては、少なくとも論文に掲載した比較例の範囲内でこの値が適切であることを確認しています。なお、斜面上の砕波変形の検証でしばしば引用される Nwogu(1996)の実験結果との比較では、 $\delta=0.8$ を採用した場合、砕波変形が進行した浅い領域において計算値は実験値に比べ減衰の程度がやや弱くなるものの、wave set down・wave set up も含め、砕波変形は概ね一致します。しかしながら、これらが普遍的な係数値であるとするには、検証数として少なく、今後さらに実験値との比較検証を行うなど多面的な検討が必要と考えます。
2. 一樣斜面上の潜堤に関する平面2次元計算では、空間格子幅として水深 0.425m の入射域における波長の75分の1分割に相当する $\Delta x=0.05\text{m}$ を採用しています。また、 Δt については、空間分割数の4倍以上の分割となるよう $\Delta t=0.00625\text{s}$ としています。空間格子幅 Δx を大きくした場合は、それに応じて Δt も大きくすることは可能ですが、潜堤の場合、その背後で高周波数の波に分裂することから、潜堤背後の波形の分解能をも考慮した上で格子幅を設定する必要があります。

なお、計算の安定性に対しては、上記の $\Delta t/\Delta x$ の値の他、SOR法での許容誤差や分散性に係る諸係数 α 、 $B1$ および $B2$ などにも影響することから、これらについても適切に設定する必要があります。

論文番号 15

著者名 渡部靖憲, 松本卓, 佐伯浩

論文題目 砂漣上の三次元波動乱流境界層流れの力学特性

討論者 田中仁 (東北大学)

質疑

BL内の特性を potential 波動に反映させる方向については、未完との話であるが、具体的にはどのようなイメージを描いているか。

回答

砂漣を有する海底面では、等方と仮定した小スケール乱れによるレイノルズストレス及び底面せん断力以上に相対的に大規模な剥離渦等の回転流速の寄与が大きく、前者のみを仮定した従来から提案されている乱流モデルではこの境界層内流れを表現しきれないのではないかとというのが、この研究のモチベーションであります。特に、浮遊砂に対する外力を考えた場合、この寄与は非常に大きいものと考えております。具体的には、準定常と仮定した波浪下での potential 流速と砂漣形状、境界層厚間の相関をベースに回転流速及びそのエネルギーの鉛直積分量を近似モデル化し(できれば)、回転流速からの逸脱と定義した乱れ量を回転流速をパラメータとして従来の乱流モデルをあてはめるという、少々複雑ですが他段階の評価が必要であろうと考えております。今回の論文にはその一部しか報告されておりましたが、今後結果を蓄積し具体的な成果を出せるよう頑張ります。

論文番号 16

著者名 山下裕之 長谷部純 泉宮尊司 黄光偉 石橋邦彦

論文題目 風波下の乱流の相似構造と乱流エネルギーの生成・逸散に関する研究

討論者 杉原裕司 (九州大学総合理工)

質疑

水表面からの乱れエネルギーフラックスの入力を境界条件として考慮すれば乱流構造を標準 $k-\varepsilon$ モデルで記述することは可能であると思います。

回答

本論文では、標準的な $k-\varepsilon$ 記述式と標準的な壁関数法の組み合わせが標準的な $k-\omega$ モデルと言います。また、風波気液界面下の大スケール乱流渦による運動量の輸送の予測については、標準 $k-\varepsilon$ モデルに限界があると考えられます。

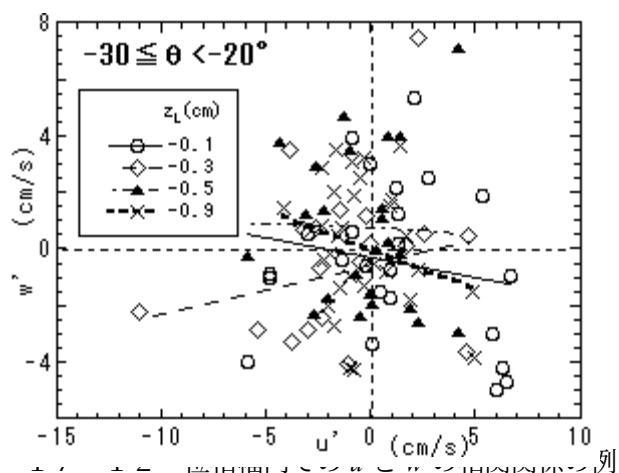
論文番号 17

著者名 加藤始, 信岡尚道, 村上晴通

論文題目 PTVによる風波の水面直下の乱れの測定

訂正

図の差し替え, p.85, 図-12 位相幅内での u' と w' の相関関係の例



討論者 杉原裕司（九州大学・総理工）

質疑

P T Vを用いることにより，気流側から水側への運動量輸送の収支を解明できるとお考えでしょうか？

回答

本研究で試みたP T Vによる水面直下でのレイノルズ応力の測定には，水平・鉛直の乱れ強度の測定に比べて数倍以上の測定点が必要で，今回程度では全く不足です．「収支の解明」まではなかなか難しくても，もし他に直接的な水側へのフラックスの測定法がなければ，考慮に値する方法だと思います．

論文番号 19

著者名 山下裕之，泉宮尊司，長谷部純，黄光偉，石橋邦彦

論文題目 海面抵抗係数の波齢および波形勾配依存型評価式の提案

討論者 杉原裕司（九州大学総合理工）

質疑

Janssenの準線形理論に基づく C_D の数値計算結果において， C_D と u_* / C の関係はどのようになっていますか？

回答

Janssenの準線形理論に基づく C_D の値は， u_* / C のべき乗にほぼ比例するような関係にあります．

討論者 山下隆男（京都大学防災研究所）

質疑

波形勾配の影響は，式(1)だけではなく，式(4)の風波の影響による拡散係数でも評価されると思います．ただし，海面抵抗係数は波浪のレジームにより大きく変化し，波齢や波形勾配にも依存しない場合もあります．本論文の解析対象は波齢の若い，実験室の波浪を対象としているので，今後広範囲の波浪レジームについての検討をお願いします．

回答

論文に記述しているように，式(1)と式(4)の風波の影響による拡散係数を考慮して，波形勾配の関するになることを理論的に予測しています．今回の海面抵抗係数は，現地波浪を対象としたものではなく，実験室規模の風洞水槽による結果をとりまとめたものであり，かなり波齢が若い風波を対象にしております．現地波浪では，波向きと風向が一般的に異なり，またうねり性の波が含まれることから，波齢や波形勾配の関数としてうまく評価されない場合があると予想されます．今後，数多くの現地データを収集し，適切な評価公式を作成するつもりです．

論文番号 20

著者名 竹原幸生，大塚直，江藤剛治，高野保英，辻本剛三，水谷夏樹

論文題目 画像計測による風波界面での気流・水流の相互作用に関する実験的研究

討論者 森信人（（財）電力中央研究所）

質疑

水相側に比べて，気相側の測定範囲が狭いのはなぜか．

回答

気流の流速計測では水表面決定も兼ねて撮影を行っています。そのため、水面にある程度角度をつけて撮影する必要があったため、気流撮影範囲が狭くなっております。水面決定用のカメラを別途準備することにより、撮影範囲をもう少し広く取ることができると思われます。今後、検討していきたいと思います。

討論者 杉原裕司（九大 総合理工）

質疑

水表面での気相側と水相側のせん断応力の連続性はどのようになっているのでしょうか。

回答

今回は組織的な流れ構造を見出すため、渦度分布、およびせん断変形分布を求めてその時間的な変化を観察しました。現時点では、せん断力の連続性に関する検討はしておりません。今後、PTV の結果をもとに水表面に働く気流、水流のせん断力分布を求めてみたいと思います。

討論者 日野幹雄（東工大 土木）

質疑

水領域に（定在的と Authors のいう）渦が存在しているが、気流側には何も渦が見られない。差し引いた平均流速が影響しているのか。CO₂ が水中に引き込まれる Ph 写真を示されたが、この現象に関連して興味をもった。

回答

ご指摘の渦は、計測を行ったケースで計測時間 2 秒間、殆ど移動も変形もせずに存在したため、説明のときに‘定在的’という言葉を使っております。

私共も、ご指摘のように、炭酸ガス溶入過程の可視化で得られた現象がどのような流れ構造によるものかを明らかにしたいため、現在のような計測を行っております。しかし、得られた結果から単に平均流速のような一様流速を差し引いたのでは、明らかな構造が見られませんでした。現在、平面的に得られた画像計測結果からどのように詳細な構造を抽出するかを検討していきたいと思っております。

論文番号 22

著者名 角野昇八，関本武史，日引俊

論文題目 気体流量輸送係数による沿岸碎波帯気液界面での気体輸送評価法の提案

討論者 杉原裕司（九州大学）

質疑

提案されている Ak_L 式は Eckenfelder の散気層の式に基づいていますが、水表面からの取り込みの効果はどのように考慮されているのでしょうか？

回答

Eckenfelder の散気槽内での実験は、散気槽内の水表面では空気と接触するというような装置の下で行われていたことから考えまして、Eckenfelder の散気層の式には散気層内の水中気泡からの気体の取り込みと共に、水表面からの気体の取り込みも含めて考慮した式であると考えています。

討論者 日野幹雄

質疑

著者も結論で挙げている「縮尺」の問題であるが、実際の現地での実測は（他の研究者によるものも含めて）あるのか。

また、 d_m はなぜほぼ一定となるのか。

回答

現在、現地でのダブルボイドプローブによる実験を計画中ですので、「縮尺」の問題に関しましては現地での実験を行って解析した上で、実験水槽内と現地両者の結果の比較から検討をくわえたいと考えております。また、他の研究者による現地での気泡実測としましては、「Deane, G.B., and M.D. Stokes, (1999): Air entrainment processes and bubble size distributions in the surf zone, J. Physical Oceanography, Vol.29, pp.1393-1403.」があります。このほかには、著者らの知る限りあまり例は見受けられないように思います。

また d_m についてですが、今回の実験では、海底勾配 1/10, 1/20, 1/30、波の周期 0.9s~2.0s、沖波波高 6.1cm~11.8cm の条件下で、海底勾配や周期、波高によらず、 d_m はほぼ一定という結果を得ておりますが、 d_m が一定となるという物理的理由を解明するには至りませんでした。

論文番号 23

著者名 森 信人, 今村正裕

論文題目 風波砕波の気泡分布特性について

訂正

式(7)の=の右にある Q は必要ありません。

討論者 日野幹雄

質疑

大きな気泡が分解して粒径分布を作るとの考え方であるが、強制混合によって薬品を製造するときの液滴径分布に関するコルモゴロフの理論との比較をしたか？同じようなメカニズムだと思う。

回答

液滴径分布については調べたことがありません。ご指摘の下記の論文については読んだことが無く、これから読んでみたいと思います。Kolmogorov, A.N. (1941) 'On the log-normal distribution of particles sizes during break-up process', Dokl.Akad.Nauk SSSR, 31, 99

討論者 二瓶泰雄（東京理科大学）

質疑

1. 気泡径分布のスペクトル形状や平均径は鉛直方向に変化しないか
2. 気泡の合体効果はあるか

回答

1. 今回行った PDA を用いた実験では振幅以下の鉛直断面について計測を行った。計測対象とした 500mm 以下の気泡については「時間平均した」スペクトル形状の大きな変化は見られなかった。平均径については検討していないが、スペクトル形状と同様であると思われる。
2. 対象とする現象のボイド率が低いこと（1%以下）、管路内の気泡流と異なり主流方向が一定しないため気泡同士の接触時間は非常に短い上に、不圧になるような流況は考えにくいので、気泡の合体効果はモデル化の上で支配的でないと考えている。合体効果よりも溶

解の影響の方が大きい。

論文番号 25

著者名 渡部靖憲, 山内悠司, 佐伯浩

論文題目 碎波下に形成される気泡群と気泡数遷移に関する研究

討論者 山田文則 (長岡技術科学大学)

質疑

波の伝搬と共に、海面下に生成された気泡は分離し、小さくなると考えられるのですが、逆に海水中で合体することは多く起っているのでしょうか？

回答

本研究で採用したレーザー照射による可視化実験では、散乱光強度分布が極めて複雑となり、残念ながら気泡径分布まで見積もることは出来ませんでした。碎波遷移の気泡径変化については、著者ら（海工，49巻）を参照して下さい。これによりますと、気泡サイズスペクトルは碎波の進行に伴い広い分布なり、小気泡が卓越し出しますので、気泡生成因の小スケール化及びご指摘の分裂が原因となっているかと思います。証明する結果はないのですが、個人的には、この領域での気泡の合体は頻繁に起こる現象ではなく問題によっては無視しても良いだろうと考えています。比較的大径の気泡が混入された場合、周りの圧力、せん断力に応じて不安定になり、より大きな表面張力をもつ小径の気泡に分裂し気泡は安定化します。さらに力学的に不安定となればまた再度分裂して安定化する訳ですが、一度安定化した気泡があえて不安定な大径気泡へと合体して遷移するためには、強制的なあるいは特殊な条件が必要かと思います。例えば、スタグネートした流れ場に強い圧力が作用して気泡が強制的に集められその強い圧力勾配から弱い表面張力でも界面を維持できる気泡になるとか、継続的に強い圧力勾配を有する非常に強い渦内の低圧部に周りの気泡が集められ同様に力学的にバランスする大気泡になるとかです。碎波を考えますと、もし合体をするための上述のような条件が存在したとしても、その条件の継続時間は限られますので、そのうち周りの流れ場に応じた安定した気泡へと再度分裂するのだらうと思っております。推測の回答で申し訳ありません。

討論者 角野昇八 (大阪市大)

質疑

1. 対象気泡の気泡径はどの程度か？
2. 論文集の図-2 の最下の図中の白点は気泡と考えてよいのか？

回答

1. 解像度とトップハットフィルター通過サイズから、直径 0.156 ~ 3.12mm が対象となっています。
2. これは、フィルター操作後の散乱光ピークの座標であり、2(1)で記述される仮定により、これは気泡の重心位置に対応すると考えて下さい。

討論者 水谷夏樹 (国総研)

質疑

レーザー面は水槽の横断方向に中央にあるが、レーザー面の手前に映る気泡の影響はないのか。

回答

気泡数に関する実験では、レーザー面は側壁に隣接して照射しておりますので、手前の気泡の影響はありません。しかしながら、この領域は側壁の影響を受けますので、断面平均と考えられるかどうかは検証する必要があります。

質疑

内部流体が三次元化するの気泡の影響か？それとも気泡がなくても流体は三次元化するのか？

回答

著者ら（CEJ, 1999）や Cristensen & Deigaard (Coastal Eng, 2001)の碎波後の気体なし（自由水面をもつ）LESによりましても、碎波後の三次元渦が再現されておりますし、overturning jetの三次元性についても Longuet-Higgins (J. Phys. Ocean., 1995)が説明しています。よって、気泡の混入自体は碎波後の三次元流れの形成の必要条件ではないと考えています。しかしながら、この領域における気泡の存在は、せん断場での気-液相互作用によるさらなる三次元乱れの形成に大きく影響をあたえることは確かです。

論文番号 27

著者名 関 克己, 水口 優

論文題目 Boussinesq 方程式と非線形長波方程式を結合した碎波・遡上の数値モデルの開発

訂正

$$\text{式(4)} \quad F(a_z) = \begin{cases} 1 - \frac{|a_z|}{g} & 0 < |a_z| < 1 \\ 0 & |a_z| > 1 \end{cases} \rightarrow F(a_z) = \begin{cases} 1 - \frac{|a_z|}{g} & 0 < \frac{|a_z|}{g} < 1 \\ 0 & \frac{|a_z|}{g} > 1 \end{cases}$$

討論者 本田隆英（東京大学）

質疑

岸沖方向に沿って重み関数がかかなり急変していますが（例えば図－3）、短周期などの他条件の波に対してもこのように安定した計算が行えるのでしょうか？

回答

図－7にあるように、単一波群の基本波についても良好な計算結果を得ています。ただし、不連続点（shock 面）近傍において数値振動が発生するのは否めないため、水面変動および x 方向線流量に対して、時間積分で 100 ステップに 1 回の割合で平滑化を行っています。

論文番号 28

著者名 石川忠晴, 工藤健太郎, 中村恭志, 荻籠泰彦

論文名 CIP 法と FEM の組み合わせによる遡上波の新計算法に関する基礎的検討

訂正

式(30)およびその下の変数の説明部分においてミスがあり、 $\square x$ を D に修正する。さらに、「ただし、」以下の第 1 行目の式を次のように修正する。

$$\xi = -\tilde{u}_i \Delta t / D, D = x_{iup} - x_i, iup = \begin{cases} i+1 & \text{if } \tilde{u}_i < 0 \\ i-1 & \text{if } \tilde{u}_i \geq 0 \end{cases}$$

討論者 日野幹雄

質疑

遡上の問題を水深 h と断面平均流 u で記述しようとしている。この取り扱いは Channel flow のような緩変化の現象には良いのだが、対象としている問題には適用できるのだろうか。数学の問題—アルゴリズムの技法とは別に、それ以前の問題として、数学問題としては、現象の特徴をつかむ、理解する点で意義はある。しかし、この式を「数値的に正確に解くこと」に意義はあるのだろうか？

回答

この研究は、波浪による波の碎波・遡上問題を取り扱ったものではなく、河川の洪水や高潮などの氾濫解析、あるいは干潟の流れ場といった、水際位置が徐々に変化する問題を取り扱おうというものです。よって、その運動を浅水流方程式で記述しました。また、本研究の目的は、等間隔で比較的荒く配置された格子点を用いて氾濫解析を行おうというものであり、その第一段階として、この論文では問題を一次元化して計算方法やその精度を検証しました。

討論者 大山巧（清水建設(株)技術研究所）

質疑

平面 2 次元場への拡張を考えると、3 次内挿関数の適用は実用的（アルゴリズム、計算期間、安定性）に難しいのではないかと？

回答

我々は、現在、平面 2 次元場への拡張方法についての研究を進めております。率直に言って、ご指摘の通り計算領域全体を 3 次内挿関数でカバーすると計算負荷は相当なものになります。氾濫解析を行う上では、要は水際の正確な位置が分かれば良いのですから、水際を含む要素だけ精度のよい内挿関数を用い、他の部分は 1 次内挿関数を使うなど、より簡便な方法が実用的であろうと考えております。

論文番号 29

著者名 中山恵介, Jorg Imberger

論文題目 斜面に連続的に作用する内部波の碎波と残差流

討論者 河原（(株)日斜技研）

質疑

波の遡上域で若干解が合っていないように思われるが、遡上をモデルに考慮する予定はあるか？

回答

ご質問ありがとうございます。ご指摘の通りです。残念ながら、ご指摘の遡上を行っている領域では、碎波による混合が生じており、理論解による再現が不可能な領域です。本研究では、対象を碎波が卓越しない領域に限っており、ご指摘の領域に関してそれほど注目しておりません。そのため、今後もしご指摘の領域における再現性の改善を行う予定はありません。

論文番号 30

著者名 柴崎誠，宇多高明，芹沢真澄，熊田貴之，小林昭男

論文題目 離岸流発生を助長するリップチャネルの形態について

討論者 伊福誠（愛媛大学）

質疑

1. 自然海浜を対象とするのであれば、海底地形もそれに対応したケースで検討すれば良いのではないか。
2. 流れの向きが変わるので危険性を訴えるのであれば、図－6 の結果で十分ではないか。

回答

1. 自然海浜において、海底掘削、海底谷、構造物など窪み形状側面が急勾配の条件も生じると考えられる。したがって本研究では、これらの場合も含めて広義な条件で検討した。
2. 図－6 の結果は、上記の多くのケースを検討した結果、分かったことであり、検討プロセスである他のケースを削除することはできないと考える。

討論者 竹田怜史（大阪大学大学院）

質疑

実験において、底質の移動はなかったのか。

回答

移動床模型実験において、初期に窪みの側面をほぼ直角に設定したため造波直後から安息勾配を保ちながら崩れたが、その他の底質の移動は見られなかった。

論文番号 31

著者名 出口一郎，荒木進歩，竹田怜史，松見吉晴，古河泰典

論文題目 鳥取県浦富海岸で観測された離岸流の特性

討論者 加藤 茂（京都大学防災研究所）

質疑

極浅海域で測定された海浜流の流速変動と水位勾配の変動の間に相関は見られないのでしょうか？水位変動ではなく、水位勾配の変動が流れの発生に影響していると考えられるが、その点の検討をされていれば、説明をお願いします。

回答

この実測で、極浅海域の水位変動測定は圧力式を用いました。2本の支柱の間にロープで連結して海底面上に設置し、設置地点の3次元の座標を計測するという方法で、計測しました。ところが、水深変化速度が非常に速く、24時間で10cm以上の水深変化が至るところで生じておりました。水深3mの地点に設置したADCPは、約1mある架台部分が9月12日から16日の4日間で完全に埋没するといった状況で、極浅海域のセンサーも常に埋没や洗掘による沈下が生じているという状態（水位が上がっているのか器械が下がっているのか）でした。

したがって、極浅海域の圧力変動測定からは、水位変動測定点間の相対的な水位勾配、あるいは相対的な平均水位の勾配を検討できるようなデータではないと判断し、波高のみの整理を行いました。

検討できそうな時間帯のデータがあれば、検討してみます。

討論者 芹田真澄（海岸研究室（有））

質疑

潜堤の影響はありませんか？

回答

ご指摘の通り、浦富海岸における波の場は、2つの潜堤によってほぼ規定されています。論文集にも書いてあるとおり、水深 7m 地点での入射波の波高が 1m を越えると、潜堤開口部から沖に向く離岸流が計測されます (p.152, 図-2)。このような流れは、p.154, 図-9 に示すように従来の海浜流シミュレーションで十分な精度で再現可能です。

論文番号 32

著者名 西隆一郎, 萩尾和央, 山口博, 岩根信也, 杉尾毅

論文題目 水難事故予防のための離岸流調査に関する基礎的研究

討論者 山口正隆 (愛媛大学)

質疑

1. 特定海岸で海底地形が余り変化しないとすると、各種波浪条件に対して計算しておいた海浜流分布のデータセットを利用する事により、あるいは本研究の観測システムと組み合わせることにより、水難事故予防のための予報システムを構築することは可能でしょうか？
2. 従来いわれている、離岸流に巻き込まれた場合の注意事項(流れに身をまかせて流れの弱い砕波帯の外まで流されるか、流れを横切って流れの外に出る)は適切ではないということですので、これに変わるべき新たな教訓はありますか？

討論者 永井紀彦 ((独) 港湾航空技術研究所)

質疑

貴重な現地観測調査の成果をより汎用的に活用するためには、離岸流の発生要因である沖合波浪条件との対応を整理しておくことが望ましいと思います。

ナウファス (全国港湾海洋波浪情報網) の細島、志布志などの観測データもありますので、どうぞご活用下さい。

討論者 竹田怜史 (大阪大学)

1. 調査海岸において顕著な低質移動はあったのか？
2. 漂流者の最大流速で約 13.5m/s. 平均流速で約 2m/s ほど出ているのは本当ですか？

論文番号 34

著者名 堀江岳人, 関 克己, 水口 優

論文題目 浅海域における現地波浪の波群性と長周期波

討論者 喜岡 渉 (名古屋工業大学 大学院工学研究科)

質疑

バー型砕波とそれに伴う自由長周期波が発生する現地条件と見なされるが、自由長周期波の増幅が周期 (波群周期) に対して選別的に現れるのではないか。

回答

波群性の入射波が砕波することにより自由長周期波が発生することおよびそれが地形によっては選別的に増幅されるというのはあり得るメカニズムだが、今回のデータにおいてそれを検討することは難しい。測定データにおいて長周期波の重複波構造 (具体的には周波数スペクト

ルにおける峰-谷現象)が強く現れており、それを越えるような大きさでの選択的増幅は見られなかった。測定が水位のみであり、その測点の間隔も遠いために入・反射波の分離も難しい。

論文番号 35

著者名 吉田明徳, 横田雅紀, 山城 賢, 宮本好英

論文題目 島嶼部周辺の波浪のスペクトル特性

討論者 山口正隆 (愛媛大学・工学部)

質疑

1. 数値計算において、屈折および碎波の影響をどのように考慮されていますか。また、白島等の反射率はどの程度に設定されていますか。
2. 衛星データなど空間分布に関する波浪データとの比較は可能でしょうか。

回答

1. 屈折および碎波は考慮していません。白島の周囲の約 6 割は水深 20m~25m の海底に築かれた護岸から成っており、残り 4 割の自然海岸も岩壁と急峻な海底形状から成っていることから、屈折の効果は無視できると考えられます。碎波もこのような海底形状を考えるとごく高周波数の波を除けばその効果は無視できると考えられます。なお、沖合いの島では、白島と同様、急峻な海岸を経て大水深の海底に接続する 경우가多く、このような島々に関しては本解析で用いた一定水深で屈折を無視した取り扱いで十分近似できるものと考えています。

本文で示した結果は、反射率の値を、消波護岸に対しては、テトラ(株)が提供している反射波の実験資料より入射波の周期に対応する反射率を読み取って用い、直立壁護岸と岸壁海岸については 0.9 を設定して計算した結果です。

2. 衛星データが波浪の分布に関して現在どのレベルの情報を与え得るかよく知りませんのでお答えできかねますが、本計算によれば、与えられた入射波スペクトルのもとで島周辺の海面変動の様子をシミュレートすることができ、島周辺海域上の任意点における方向スペクトルが算定できます。

討論者 関本 恒浩 (五洋建設)

質疑

波の変形の大きいところではクロススペクトルが空間的に一様でなくなると考えられますが、それに対する対処はどのようにされていますか。

回答

ご指摘のように、クロススペクトルを算定する領域はその領域内では一様な波動場であることが前提ですので、必要以上に広い領域を取ると算定される方向スペクトルの分解能は落ちると考えられます。波の空間的な変動の程度は波長のオーダーで生じますので、クロススペクトルを算定する領域を数波長程度以下になるように取っておけば、実用上は問題が無いと考えています。

論文番号 36

著者名 橋本典明, 川口浩二, 河合弘泰, 松浦邦明, 市川雅史

論文題目 港湾・海岸構造物の合理的設計を目的とした確率台風モデルの構築と精度の検討

討論者 山口正隆（愛媛大学・工学部）

質疑

1. シミュレーションによって生成された台風属性の時空間変化の特性について検討されていますか。急激な台風属性の変化，とくに台風半径の変化は原資料ではみられない不連続的な風特性の変化を生じえますので。
2. 50 年間 10 回のシミュレーション結果がもたらす意味は何でしょうか。シミュレーションの意味はこれを数百回以上行うことによりその平均値や変動の特性を検討することにあると思いますが。同じ意味で，シミュレーション結果は平均値のみならず変動特性（標準偏差）についても原資料あるいは原資料から得られる結果と比較すべきと考えますが，いかがですか。
3. 3 大港湾における確率気圧値にあまり差がないのは既往資料に基づく結果と符合するものでしょうか。

回答

1. 台風属性の時空間変化については，発生させた台風をプロットし確認し，また平均及び標準偏差の検討を行っています。本研究の確率台風モデルは，各時刻の台風属性を平均場＋偏差で求めています。偏差に比べて平均場の寄与が大きいため不自然な変化は見られません。また，不自然な変化が見られないのは，確率台風モデルを構築する際に，基礎となる台風データを日本付近に来襲した台風に限定していることも理由として挙げられると思います。
2. 回数を変化させて結果を検討したいと思います。
3. 既往資料と照合したいと思います。

論文番号 37

著者名 小林智尚，座波慎一郎，安田孝志

論文題目 波浪推算モデル SWAN による伊勢湾台風時波浪の再現

討論者 山口正隆（愛媛大学・工学部）

質疑

1. short fetch，強風条件のもとでの SWAN の挙動に関する研究は欧米諸国，とくにオランダ（アイセル湖）で行われたと思いますが，既往の研究成果を調査されていますか。
2. Snyder らによる風波の発達項と Janssen による発達項が波浪推算結果に及ぼす影響についても既にいくつかの検討事例があり，本研究と同じ結果が得られたと記憶していますが，こうした研究事例を参照されていますか。
3. 対象領域が狭いので，移流項の差分スキームが波浪推算結果に及ぼす影響は一般に小さいと思われるのですが，いかがですか。
4. Snyder らおよび Janssen による風波の発達項が推算波高に及ぼす影響が御前崎・潮岬の場合と伊勢湾内地点で異なる挙動を示すのはなぜでしょうか。
5. 伊勢湾内の波浪推算結果が波高に比べて過小と思われる周期を与えている理由を説明して下さい。

回答

- 1., 2. Journal に掲載された関連論文などを調査・参考にしましたが，講演会で山口先生から

ご指摘のありました ICCE2001 の Bottema ら(2002)は見落としておりました。これらの成果も参考にして今後研究を進めます。

3. 論文にも記しておりますが、ご指摘の通り、対象とした伊勢湾は狭く、移流項差分スキームの差が推算結果には反映されづらいと思います。
4. 十分な検討は行なっておりませんが、fetch の違いによるものと思われます。伊勢湾内と御前崎・潮岬などの外洋での推算ケースでは fetch が大きく異なります。この点につきましては今後詳細な検討が必要と考えています。
5. 現時点では原因はわかりません。対象となっているのが強風下で発生した波齢の小さい波である事を考慮し、推算結果の妥当性も含め、今後検討したいと思っております。

討論者（電力中央研究所）

質疑

S_{in} の違いについて Snyder と Janssen で周期が違う理由・メカニズムは何か教えて欲しい。

回答

S_{in} 中の波浪の指数関数的成長に関する項の係数 B は Snyder の理論では位相速度 c の-1 乗に比例しています。一方、Janssen の quasi-linear 理論では B は c の-4 乗程度です。この違いによって風から波へ輸送されるエネルギーの分布形が波浪スペクトル空間上で異なり、結果として発生する波浪の周期に差が現れたものと考えております。

論文番号 38

著者名 橋本典明, 川口浩二, 松浦邦明, 宇都宮好博

論文題目 Adjoint WAM (Cycle 5) のデータ同化における評価関数の検討

討論者 山口正隆 (愛媛大学・工学部)

質疑

岸から 1, 2 km の地点で得られる波浪観測結果を解像度が相対的に粗い波浪推算でデータ同化すると、かえって悪影響を及ぼし、不適切な結果を生じさせないでしょうか。同化すべきデータは岸より 1 ~ 2 km の観測資料よりむしろ外洋における観測資料の方が適切でないでしょうか。

回答

本研究の最終的な目的は、NOWPHAS の合理的な観測地点の検討であるため、NOWPHAS データを用いています。

沿岸での波浪観測値は遮蔽などの影響を受けている可能性があります。今後、評価関数の観測誤差に空間代表性等を入れて対処していきたいと考えています。

討論者 北野利一 (名古屋工業大学)

質疑

この研究は、統計学的にも興味深いため、以下質問させてください。

1. 背景誤差項と観測誤差項の 2 項の誤差の比率はどの様にして決めているのか？
これまで橋本先生がやってこられたベイジアンで決められるものなのか？
2. 背景誤差項の評価において、誤差の共分散を距離に逆比例する正值で与えているが、共分散は一般に負の値を取ることが多いと思う。このあたり再考いただきたい。

回答

1. 現段階では誤差の比率は与えてません. 最終的にはベイジアンでやらなければならないと考えています.
2. そのように認識しています. どの様な誤差を与えるのが適切なのか判断しかねたので, 気象庁や ECMWF の様に正值をとる方法を採用しました. 今後, 検討していきたいと考えます.

論文番号 39

著者 川口浩二, 橋本典明, 杉本 彰

論文題目 内湾域における波浪推算精度向上を目的とした第三世代波浪推算モデル WAM の改良

討論者 山口正隆 (愛媛大学・工学部)

質疑

1. 東京湾において WAM の精度をまず検討するためには, 入力風に対する誤差を小さくするという意味で, 局地気象モデルによる風特性よりはむしろ多数地点で得られる観測風を入力条件とする方が適切でないでしょうか. 局地気象モデルによる風特性を入力条件とする場合の WAM の精度検証はつぎの段階と考えられますが。
2. 既往の研究によれば, 第三世代以前のモデルを用いた波浪推算結果の方が観測結果とのより良好な対応を与えているように思われますが, いかがでしょうか. また, 短周期の場合の推算資料がほぼ一定の値をとるという不自然な挙動を示す理由, および観測資料との一致度が低い理由は何でしょうか.

回答

1. ご指摘の通り, WAM の推算精度だけを議論する場合は, 入力風の誤差を小さくするという意味で, 波浪推算の入力条件として観測風を用いた方が適切であるかもしれません. しかし, 我々の研究グループでは, 海上風や波浪など観測データがない内湾域も波浪推算のターゲットとしており, そういった場合は, (局地気象モデルによる) 海上風推算から波浪推算の流れはセットであると考えています. 本研究では, 海上風や波浪の観測データが豊富な東京湾を対象に, こうした一連の流れにそって, 局地気象モデルによる海上風推算, 得られた推算海上風を用いて WAM による波浪推算を実施し, 観測データを比較することで, それらの精度検証を行いました. その際, 2. の質問にも関連しますが, 波浪スペクトルの周波数領域を高周波数側に拡張することが精度上で有効であることが明らかとなったため, 今回発表させていただきました.
2. 内湾波浪推算について第三世代モデルとそれ以前のモデルとの比較をしたことがないので何とも言えませんが, 高波浪時における有義波高の推算精度は両者にさほど大きな違いはないかもしれません. ただ, 今後の波浪推算の利用を考えた場合, 高波浪時だけではなく低波浪時の推算精度も重要であると思われ, そういった点からすれば第三世代モデルが優れていると考えます.

次に, 短周期の場合の推算資料がほぼ一定の値をとるという御指摘は, SWAN を指しての事だと思いますが, 一定値をとる理由については詳細な検討は行っておりません. ただ, これらの現象は弱風 (低波浪) 時において見られることから, 弱風 (低波浪) 時に対し計算を安定させるための何かしらの閾値 (最低値) が設定されているのではないかと考えて

います。

本研究では、WAM を対象としたため SWAN については詳細な検討は行っておりませんが、今後は SWAN についても詳細な検討を行うとともに、今後、内湾波浪推算を実施する上で両モデルの適用範囲を明確にしたいと考えています。

論文番号 40

著者名 小林智尚，樋口喬士，大澤輝夫，安田孝志

論文題目 波浪推算モデルによる中部国際空港人工島の波浪場への影響評価

討論者 山口正隆（愛媛大学・工学部）

質疑

1. MT 地点の周期時系列に対する観測結果との比較結果および伊勢湾の他の地点における波浪観測資料との比較結果はどのようになっていますか。
2. 比較例は NW 寄りの風の場合に対するものでありますが、外洋波浪が入射し、しかも湾口浅海部の影響が小さくない S 寄りの風の場合に対する比較検討を行われていますか。

回答

1. 今回は MT 地点のみで観測値と推算値を比較しており、他の地点での比較は行なっておりません。
2. 常時波浪については外洋波浪が湾内に侵入するケースは検討しておりません。高波浪時を対象とした論文番号 037 の結果を見る限りでは伊勢湾湾口の浅海部の影響は無視できず、湾内に入射する波浪成分は大きくありませんでした。この湾内侵入波浪成分に対する検討は必要と感じており、現在通年の伊勢湾内波浪解析を行なっております。

討論者 柴木秀之（(株)エコー 環境水工部）

質疑

1. 波浪観測値と推算値が一致しない場合、風の推算値と観測値も一致しないのか？
2. 低波浪時の再現性に課題があると述べられているものの、低波浪時の波浪観測値は測定上の限界（下限値）があると考えられる。20～25cm 以下の波浪観測値は信頼できないのではないか？

回答

1. 平面分布を考えたとき、波浪の推定分布が実際と異なるときには海上風の推定分布も現実と異なります。ただしある一地点を考えると、その地点に到達するまでの風や波浪の履歴によって、風の推算値が観測値と一致していても波浪推算値が観測値と異なることは考えられます。ただしこれらの議論は波浪推算モデルの推算精度が高く、観測値の誤差が小さいことを前提にしています。
2. 波浪測定の信頼性に関する点についてはコメントとして受けさせてください。今回用いた観測値の測定法や測定環境などを把握していないのでデータの信頼性については議論していませんでした。波浪推算モデルの低波浪時の再現性については、論文中の図-9 にあります通り Janssen の quasi-linear 理論では推算波高がゼロとなる期間があることから、観測信頼性を考慮しても推算精度が低いと考えています。

論文番号 41

著者名 中平順一，吉田武司，高山知司，間瀬 肇

論文題目 高潮・高波の簡易予測システムの構築とその運用

討論者 山口正隆（愛媛大学・工学部）

質疑

1. 論文である以上，本研究と同種の既往の研究事例について言及する必要があると考えますが，いかがでしょうか。
2. 台風半径の推定を観測気圧に基づいて行われているようですが，台風が遠方にある場合に，この方法によって適切な値を得ることが可能でしょうか。
3. 台風の予報が6時間あるいは3時間ごとに行われている状況を本システムでは取り込んでいますか。要するに，feed back 機能がシステムで考慮されているか否かということです。

回答

1. 山口先生と気象庁で発表されている事例の研究は行っておりますが，現システムが簡便性に重点を置いているため，現段階では研究事例について言及することは行っておりません。今後の課題と考えております。
2. ご指摘のとおり，台風が遠方にある場合つまり観測気圧が台風の影響を受けていない場合には精度が低くなります。本システムの運用上，台風の接近によって重要度が向上しますので，観測気圧が台風の影響範囲が現れている場合の精度検証により，この方法が適切であると判断し，現地の観測気圧を採用することとしました。
3. 予報が発表されるごとに情報を修正して予測を行うようにしておりますが，事前に予測した結果の feed back は行っておりません。

討論者 柴木秀之（エコー・環境水工部）

質疑

図－7を見ると，風の再現はばらつきが見られる（誤差が大きい）ものの，潮位の再現性は良好となっている。有明海が対象であるため，潮位は天文潮位が支配的なのか？偏差の再現性はどの程度か？

回答

ご指摘のとおり，相関図では気象潮ではなくあくまで天文潮を含めた潮位の相関を示しております。天文潮の誤差は静穏な時期（5月）に検証した結果，最大で $\pm 20\text{cm}$ 程度の誤差がありました。気象潮については別途，天文潮が正であると仮定して検証した結果，最大で約 50cm の誤差は生じております。この偏差の誤差に天文潮の誤差がどの程度含まれるかが抽出できなかったため，ここでは天文潮と気象潮の予測を含めた潮位の誤差として明示しております。

討論者 河合弘泰（港湾空港技術研究所）

質疑

1. Myers の r_0 はどうやって決めているのか？
2. 波浪と高潮の計算に用いた時の空間分解能は？

回答

1. 現地で観測しているリアルタイムの観測気圧から逆算する方法を採用しております。
2. FEMモデルは，湾奥で細かく湾口付近で広くなるメッシュ（図－5参照）としています。SWANモデルは，3km の正方形メッシュ。3km としたのは計算時間の短縮を目的としており，1km から検証して精度の低下見られなかったことから，3 km を採用しました。

討論者 関本恒浩（五洋建設）

質疑

1. 河川遡上計算の境界条件を教えてください。
2. 高潮計算領域が狭いように思うが、計算領域はどのように決められたか。

回答

1. 河川遡上モデルの海側の境界では高潮予測結果の水位を与えています。河口堰側は閉じた境界（ゲートが閉鎖している）としているため、河川遡上の予測結果が強風時に振動している可能性があると考えております。この問題について本システムの今後の修正課題と考えております。
2. 本システムでは、リアルタイム予測を対象としていることから、計算時間短縮を最重要課題として開発を行ったため、領域設定のスタート時点では有明海のための計算領域を設定していました。しかし、湾外との海水交換を考慮するため、徐々に領域を拡大し、ある程度の予測精度が得られる現計算領域を設定しました。

論文番号 42

著者名 森 信人，平口博丸

論文題目 アンサンブル波浪予測の波浪予測特性について

討論者 関本恒浩（五洋建設）

質疑

波浪予測の計算時間ピッチとそのときの風の入力の方法を教えてください

回答

波浪予測は空間解像度が 0.5 度，時間解像度を 1200 秒（ソース項は 600 秒）で計算を行った。海上風の入力については 1.5 度・6 時間間隔のデータをスプライン関数で時・空間内挿し，0.5 度・1200 秒に変換して実施した。

論文番号 43

著者名 北野利一

論文題目 極値波高分布の形状特性に対する汎用指標の提案

討論者 山口正隆（愛媛大学・工学部）

質疑

著者がいわれる 10 年確率波高，裾長さパラメータ，裾厚度パラメータは 3 母数分布の原点母数，位置母数，形状母数を読み替えたものではないでしょうか。たとえば，10 年・30 年・50 年確率波高による表現あるいはそれらの比による表現とどこが異なるのでしょうか。また，そのメリットは何でしょうか。

回答

的を射た質問であると思います。回答に入る前に、「代表量とは何か」ということを別の問題で考察してみたいと思います。

問題：水面波の固有振動についての空間波形の解析

方形水面に対しては，時間波形も空間波形も三角関数で展開して考えるのに対して，円形水面に対しては，時間波形は三角関数で，空間波形はベッセル関数で展開するのが常套手段であり

ます。ただし、円形水面の空間波形に対しても三角関数で展開して理論を構築することはもちろん可能です。そこで、ベッセル関数を知らない解析者が三角関数でゴリゴリ展開して解析をしたとすれば、得られる結果は、非常に煩雑な式による表現（多数の係数が生じる）となり、現象の理解が妨げられてしまいます。他方、円形水面の空間波形に対して、ベッセル関数で展開するなら、得られる結果の表現が簡潔になり、その係数の大きさのみを議論すればよいことになります。従って、上述の問題に対して、「代表量とは何か」ということを振り返れば、「問題に適した表現、つまり、問題に固有な表現で解を書いた際の係数」であると言えるのではないのでしょうか？その観点を逆に見れば、「汎用的すぎる表現を用いれば、あまり役に立つようなものが得られない」ということを示唆するようにも思えます。

さて、今回の極値波高についての代表量とは何か？という問題にもどりましょう。この問題に対する固有な表現とは、何でしょう。僕は、極値の漸近理論から得られる一般化極値分布（GEV）であると考えます。しかしながら、高波の毎年最大値は、十分に多くの中から得られた最大値ではなく、その母分布は、GEV とはいえないこともあると考えられます。そのため、海岸工学では伝統的に、Weibull 分布が用いられます。従って、GEV 以外の分布が、毎年最大値の母分布となる場合には、毎年最大値分布として議論する限りにおいては、そもそも異なる分布であるので、議論できないことになります。しかし、Weibull 分布も漸近的には、Gumbel 分布（GEV において $x_i = 0$ である分布）になるので、約 10 年最大値分布を考えて、できるだけ GEV に漸近させた状態で、GEV の母数（位置母数、尺度母数／位置母数の無次元母数、形状母数）としていくらに相当するのかを検討したものが、10 年確率波高、裾長さ、裾厚度であるといえます。本論文は、このことを理論的に示したものであります。

以上のことからわかるのは、たしかに、10 年、50 年、2 年を再現期間とする確率波高の値を比較してもよいのですが、それらの値そのものでは汎用的すぎて、考察する根拠が不明であるといえます。他方、それらを組み合わせて得られる裾長さ、裾厚度を用いる方が、（極値波高の問題に固有な）GEV の母数に似せたものとして比較検討が可能となります。また、このことが最大のメリットであるといえます。

論文番号 45

著者名 泉宮尊司・吉田 淳

論文題目 観測誤差を含む極値データから推定した再現確率値の信頼区間について

討論者 山口正隆（愛媛大学・工学部）

質疑

1. たとえば、気象庁波浪観測資料のように、波高極値資料が3時間間隔（1980 年代中頃以前）と1時間間隔（それ以降）波高資料から得られる場合、あるいは波浪推算の精度が波高の大きさごとに異なる場合に、本理論は対応可能ですか。
2. 1.と同じことかもしれませんが、理論展開において平均値0という制約条件やガウス分布という制約条件をはずすことは可能でしょうか

回答

1. 波浪の極値データと誤差は、独立としておりますので、理論の拡張を図る必要があります。波高データと誤差に相関がある場合には、その同時確率分布が必要です。それが求められれば式(2)における期待値を二重積分で表せば厳密に評価できます。また、シミュレーショ