

論文番号 1

著者名 沖 和哉, 間瀬 肇

論文題目 位相平均型波浪予測モデルの高精度化に関する研究

討論者 柿沼太郎 (港湾空港技術研究所)

質疑

砕波モデルの適用に際して与えた条件 $H/h=0.6$ の値に根拠があるか。構造物によってこうした値をかえる必要があるとすると、複雑波浪場を対象とする場合、Thornton and Guza の砕波モデルに改良すべき点があるかもしれない。

回答

T&G 砕波モデルを適用する際の閾値 $H/h=0.6$ は、実験結果との比較におけるパラメータスタディによって得られた結果です。

討論者 大山 巧 (清水建設 (株) 技術研究所)

質疑

境界形状の再現性 (凸凹をなくす) という観点から考えると、構造格子にこだわる必要はないと思います。QUICK を使うのであれば、有限体積法 (非構造格子) の採用も有効ではないでしょうか？

回答

本研究の趣旨は、構造格子 (直交格子) を用いて簡便に計算を行う際に、任意の角度で設置された構造物での反射を正確に取扱うことができるようにすることです。非構造格子を用いることにより精度よく計算することは可能だと思いますが、本研究の趣旨からは外れます。

討論者 宇治 豪 (水工コンサルタンツ)

質疑

反射係数は海岸の形状 (鉛直な壁, 斜めの壁, とか水平の凹凸の割合) に対し、波の波長によって変化しないのか。

回答

構造物での反射率 (反射係数) は、初期条件としてそれぞれの反射地点で個別に与えて計算します。

討論者 渡辺 晃 (アイ・エヌ・エー)

質疑

砕波モデルとして「高山モデル」よりも「Thornton-Guza モデル」の方が優れていると結論付けているが、後者については実験との一致が最初は良くなかったため経験的な砕波限界を導入するなどの修正を行なった結果であり、そのような (何らかの, 何も) 補正をしなかった前者のモデルの結果と同列に比較してこのような結論を導くのは、アンフェアではないでしょうか。

「Thornton-Guza モデル」を規則波に適用することは不可能でしょうね。可能ならばその具体的方法をご教示下さい。また不規則波に限っても結構ですから、重複波浪場への適用性や適用法に対するご見解を示して下さい。

回答

まず、高山モデルを用いた結果では、砕波が顕著な浅瀬頂部近傍での波高の減衰（双山形の波高分布）が再現できませでした。次に、T&G 砕波モデルを適用して同じ条件の計算を行って見たところ、定性的に実験結果の波高分布と一致し、双山形の波高分布を再現することが出来ました。この点において、今回用いた実験との比較においては T&G モデルの方が優位であると言えます。しかし、得られた波高分布の値が全体的に小さかったため、定量的な一致をさせるために、波高水深比を用いた砕波指標を導入して波の再生の影響を考慮しました。

T&G モデルは不規則波に対して考案されたので、そのまま規則波に適用すると実現象をうまく再現できない可能性があります。同様に、重複波浪場にもそのままの形で適用することには問題があると考えます。

論文番号 2

著者名 間瀬 肇，由比政年，雨森洋司，高山知司

論文題目 波・流れ共存場における回折効果を考慮した位相平均波浪変形予測モデルの構築

討論者 平山克也（港湾空港技術研究所 海洋・水工部）

質疑

離岸流を模した流速ベクトルの平面分布(図 - 3)は、定常状態にあると考えてよいか？また、位相解析モデルで、このような流速分布を初期条件として与えることは可能か？

回答

本当の離岸流は時間的に安定していない。入射波の条件で変化する。ここでの離岸流という単語は、平面的なパターンとして見たとき、沖へある部分が集中して流れている様子を表したものである。河口流といっても良かった。

位相解析モデルにおいても何かしらの流速場を与える必要があるので、このようなパターンを与えることは問題ない。

討論者 横木裕宗（茨城大学 広域水圏センター）

質疑

流れは、波の計算と別に与えてよいか？

回答

河口流、潮汐流など場の条件として与えてよい。実際、こうした場で波が変形することによって新たな波による流れが生じて、もとの場に重なる。これをあらたな流れとして再度計算できる。特殊な例として、波による海浜流は、この波の変形と流れの修正の計算の繰り返しになる。

論文番号 3

著者名 平山克也，平石哲也

論文題目 ブシネスクモデルによる砕波・遡上計算法とその適用性

討論者 田島芳満（五洋建設）

質疑

遡上部分の越流フラックスの流方向について、どのように判定されていますか？

$\Delta t/2$ 前の水位で判定しているとのことですが、 Δt の設定による誤差は考えられますか？（遡上計算で多少の遅れがみられます。本当に微小ですが・・・）

回答

端的に述べると、越流フラックスの符号は計算ライン上における水域格子と陸域格子の位置関係によって自ずから定まります。つまり、ある陸域格子が水域格子の岸側に接している場合、水域格子上の水位が陸域格子上の水位よりも十分高いときには、式(7)を用いて岸に向かう正の越流フラックスを算定します。逆に、ある陸域格子が水域格子の沖側に接している場合、水域格子上の水位が陸域格子上の水位よりも十分高いときには、式(7)の右辺に-1を乗じて負の越流フラックスを算定します。なお、海講の席上、アニメーションでのみ紹介させていただいた平面波浪場での遡上計算でも、これと全く同じ方法を用いて越流フラックスの向きを判定しています。つまり、本モデルではADI法の特性を活用して、1次元的な越流フラックスを考えるのみで平面的な遡上計算を行っています。

時刻； $t=\Delta t * (n+1)$ における越流フラックスは、連続式を解いて水位を得た時刻； $t=\Delta t * (n+1/2)$ における水位差から算定するため、厳密には、 $\Delta t/2$ だけ前の越流フラックスを算定していることとなります。ところで、本研究で新たに遡上モデルを導入したNOWT-PARIではもともと、実務に耐えうる計算の安定性と計算精度を確保するために、計算時間の増加をある程度覚悟して、 Δt は入射波の代表周期の $1/100 \sim 1/200$ 程度よりも小さくすることを推奨しています。したがって、越流フラックス算定時の $\Delta t/2$ の遅れは、実用上はほとんど無視しうると考えています。なお、図-2の遡上計算では、汀線の水平移動の理論値に対して計算値では僅かに位相遅れがみられますが、これは、 Δt の設定による誤差というよりはむしろ、水域格子として判定する格子上の最小浸水深； ε_{dry} をゼロに設定できない（現在は沖波波高の1%と設定している）ことによる誤差であると考えられます。

討論者 山田文則（長岡技術科学大学）

質疑

今回のモデルを用いることで、海水面から天端がでているような離岸堤付近の砕波などの波動現象を正確に表現できるのでしょうか？

発表で用いた可視化ソフトは何を使用しているのでしょうか？

回答

本研究では弱非線形のブシネスクモデルを用いていますので、砕波直前の強非線形な波高増大までは再現できません。また、静水深がゼロ以下である計算格子（計算初期の陸域格子）では、ブシネスク方程式の分散項は無視され、実際には非線形長波方程式を解いています。したがって、もともと陸地であったところを伝播する砕波後の波は、計算上、長波段波的になると考えられます。しかしながら、本研究で導入した砕波モデルと遡上モデルは同時に計算可能なので、例えば砕波しながら斜面を遡上する現象などは、遡上波の分散性が問題とならない限り、ほぼ正確に扱

えると考えています。したがって、離岸堤で砕波しその一部の水塊が天端上を越波・越流する現象、および越波水塊が離岸堤背後に流入して伝達波が発生する現象は、水塊の鉛直方向の運動を考えず水平方向の運動として計算することで、3次元的な流体運動はさておき、全体として捉えた場合にはそれほど間違った結果にはならないだろうと期待しています。実際にどの程度の計算精度があるのかについては、実験データや観測データなどを用いて今後検証していきたいと考えています。

MicroAVS Version 7.0（株式会社ケイ・ジー・ティー）を使用しています。発表では mpg ファイルによる動画をお示しいたしましたが、これは、前述の可視化ソフトウェアを用いて作成した 3D アニメーションを、3D AVS Player（日本原子力研究所 計算科学技術推進センター、関西研究所 量子科学研究中心センター及び株式会社ケイ・ジー・ティー）を用いて mpg ファイルに変換したものです。

論文番号 4

著者名 梅山元彦，新谷哲也，中山恵介

論文題目 緩勾配斜面を伝播する内部波の可視化実験と浅水・砕波域での物理現象に関する理論的考察

討論者 合田良実（株式会社 エコー）

質疑

実験において水面波の振幅は無視できるほど小さかったのでしょうか。

実験と計算で綿密に検討されたこの現象が、実際の海岸・内湾等においてどのような頻度で発生するのでしょうか。実現象としての重要性をもう少し踏み込んで調査して頂くことを希望します。

回答

実験において表面波を測定した結果、内部波高 10mm に対して水面波の最大波高が約 0.3mm と非常に小さかったために、数値計算では水面変動は無視できるものとして扱いました。

海洋を伝播する内部波は、衛星画像や水温観測などでその存在が確認されています。しかしながら、本研究で対象とした斜面上での砕波現象は観測が非常に困難なために現地観測例もほとんどなく、発生頻度などは残念ながら把握できていません。今後は、最新の観測データを中心に文献調査を行い、工学的な重要性についてより詳しい検討を行う予定です。

討論者 山城 賢（九州大学）

質疑

図-4 に示されている PIV 法による波速はばらつきが大きいということですが、これは PIV 法の精度によるもののでしょうか？

また、PIV 法により得た瞬間的な波速の値にばらつきが大きいということは、ある程度の時間幅で平均値を求めることが信頼できる結果を得るためには必要だと思いましたが、今回の計測であれば、どれくらいの時間で平均するのが妥当なのでしょうか？画像解析の結果と同じく 3 分程

度ですか？

回答

今回の実験では内部波の空間波形をとらえるために広い範囲（1.0m×0.25m）を撮影しています。そのため画像解像度が低くなり、PIV解析で流速のばらつきが生じた可能性があります。このばらつきは、より高解像度のカメラを用いるか、局所的な撮影（波の峰付近だけの撮影）を行って解像度を上げれば減少すると予想されます。

塩水を用いた内部波の実験では、密度界面が徐々に拡散してしまうためにあまり長時間の平均をとることができません。本実験では造波開始後5分以上経過すると徐々に混合の影響が出てきてしまいました。従いまして、現段階では画像解析と同様に3分程度の平均をとるのが妥当だと考えています。

論文番号 5

著者名 田島芳満, Ole Secher Madsen

論文題目 砕波帯内外における底面流速波形の非対称性とそのモデリングについて

討論者 合田良実（株式会社エコー）

質疑

コメントですが、相当線形波高の導入は極めて適切です。現在使用されている砕波指標（波高水深比）は、すべて水路実験データに基づくものであり、非線形効果を十分に受けたデータです。したがって放物型方程式のように線形計算に砕波限界を定めるときに非線形データに基づく砕波指標を直接に適用するのは論理的に矛盾があるといえます。今後は多くの方がこの問題に注意されることを願っています。

回答

貴重なコメントを賜りありがとうございました。

論文番号 6

著者名 谷本勝利, Phung Dang Hieu, 曹 雪飛, 赤川嘉幸, 齋藤将人

論文題目 二相流モデルによる数値波動水路の開発

討論者 磯部雅彦（東京大学）

質疑

この方法を用いて戻り流れの計算までできるようになると大変よいと思いますが、砕波帯の平均水位については再現性が落ちているように見えます。この点を踏まえて、戻り流れの解析への適用性についてご意見をお聞かせ下さい。

回答

戻り流れの計算はまだ行っておりません。ご指摘の砕波帯の平均水位について再現性が落ちている理由の1つとして、Ting and Kirby (1994)の実験に比べると数値計算時間が50秒と短いため、定常状態に達していないことが考えられます。そのため、時間を十分長くした計算を行うととも

に、波平均流の解析も行って戻り流れの計算までできるかどうか検討していきたいと思っております。貴重なご指摘ありがとうございます。

討論者 山城 賢（九州大学）

質疑

図-1 の計算条件の図において、造波ソースと減衰帯との間に空間があるようですが、これは何か意図があるのでしょうか？

単純な質問ですが、今回行われたケースでどれくらいの計算時間を要しましたか？

回答

図-1 は概念図であり、寸法は必ずしも合わせてありません。造波ソースと減衰帯との間は 0.4m の距離をとっておりますが、これはテストの結果、少し距離を設けたほうが反射率が小さくなったということによっております。

OS : Microsoft Windows2000 , CPU : AMD Athlon64 3400+ , メモリ: DDR DRAM 512MB×2 のパソコンを用いて、図-1 の条件に対し 50 秒間の計算を行うのに約 5 時間を要しています。

討論者 沖 和哉（京都大学）

質疑

各計算セル内における水面の傾きをどのように決めるのか、もう少し詳しく説明して下さい。

回答

ご承知のように、VOF 関数の値（セルの中心）が 0 より大きく 1 より小さいセルを水と空気の境界セルと考えます。そのセルの中での境界面は VOF 関数の gradient の方向と直角な線分として、そのセルの F の値を満足するように決定します。そのための gradient の方向 $\vec{n}_{i,k}$ は次式のように周辺の 8 セルと当該セルの F の値から決定します。

$$\vec{n}_{i,k} = \frac{1}{4} (\vec{n}_{i+1/2,k+1/2} + \vec{n}_{i+1/2,k-1/2} + \vec{n}_{i-1/2,k-1/2} + \vec{n}_{i-1/2,k+1/2})$$

$$\vec{n}_{i+1/2,k+1/2} = \left\{ \frac{(F_{i+1,k+1} - F_{i,k+1})\delta z_k + (F_{i+1,k} - F_{i,k})\delta z_{k+1}}{(\delta z_k + \delta z_{k+1})\delta x_{i+1/2}} \right\} \vec{i} + \left\{ \frac{(F_{i+1,k+1} - F_{i+1,k})\delta x_i + (F_{i,k+1} - F_{i,k})\delta x_{i+1}}{(\delta x_i + \delta x_{i+1})\delta z_{k+1/2}} \right\} \vec{k}$$

ここに、

\vec{n}	: local interface gradient vector
F	: VOF 関数
δx	: x 方向の格子間隔
δz	: z 方向の格子間隔

討論者 川崎浩司（名古屋大学）

質疑

ソースによる造波が及ぼす気相部への影響はどのようになっているのか？

回答

ご指摘の点については完全にはチェックしておりませんが、ソースによって発生した波に応じた空気の動きが生じることになり、ソース付近の風を問題としなければ、発生波への影響は大きなものではないと考えております。

討論者 合田良実（株式会社 エコー）

質疑

砕波の数値計算手法が高度に発展したことに感服しています。こうした計算から、砕波による砂の巻き上げのメカニズムを検討して頂くことを希望します。砂浜に立って波が砕ける状況を観察していると、巻き波が砕けようとする直前に海底から浮遊砂が色濃く舞い上がってきます。すなわち、砕波点の少し沖側に強い上昇流が存在することが推測されます。こうした流れを数値計算で確認して下さると、浮遊砂による漂砂現象の解明に貢献するでしょう。

回答

大変貴重なコメントをいただきありがとうございました。これまで数値計算の精度を向上させることに精力を傾けて参りましたが、今後は応用へと展開を図っていきたいと考えております。引き続きご指導賜りますようお願い申し上げます。

論文番号 7

著者名 曙光，山城 賢，吉田明德，入江 功

論文題目 BEM と VOF の結合解析法による構造物近傍波動場の解析

討論者 柿沼太郎（港湾空港技術研究所）

質疑

BEM と VOF の接続領域において、計算の安定のために、重み付き平均を取る等して水位等の値を二つのモデル間でなじませる必要があると思うがいかがか？両者において、(渦)粘性係数や圧力分布が不連続に定義される可能性がある。VOF から境界条件を BEM に渡す際に、物理量の境界上における分布が比較的正確に反映される特徴が広領域への BEM 適用の有利な点であろう。

回答

BEM と VOF は圧力と流速の連続条件をもとに結合されていますので、両者の境界上で圧力や流速は不連続にはなりません。ただし、数値計算上の誤差等により水面波形は不連続になることがあります。現在のところ、BEM 側の水面波形を調節し VOF の水面波形に擦り付けることで対処していますが、この点については、更なる改良が必要と考えており、現在、結合法の強化と安定性の向上を目的に開発を続けています。また、BEM では完全流体の無渦運動を前提にポテンシャル場を仮定していますので、渦や粘性の効果は考慮できませんが、本解析法は、BEM を渦等の影響が無視できる領域に適用し、渦や砕波の影響が無視できない領域を VOF で計算して両者を結合するという考えで開発を行っています。

討論者 有川太郎（港湾空港技術研究所）

質疑

VOF から BEM の接続において渦や流れが発生したときに計算発散しないかどうかを伺いたいです。

BEM と VOF の時間間隔のとりかたについて教えてください。

回答

BEM の計算領域はポテンシャル場を仮定していますので、渦の影響が強い領域を BEM で計算した場合には、発散するか、発散はしなくても妥当な結果は得られません。本研究では、当初から、構造物近傍等の渦や砕波の影響が強い領域に対しては VOF を適用し、構造物から離れた波の再生領域に BEM を適用するという考えで開発しています。また、流れが発生する場合については、流れの状況によって計算が発散する可能性も考えられますので、今後検討したいと思います。

なお、BEM と VOF の時間間隔については、BEM は対象とする波の周期の $1/100$ から $1/200$ 程度ですが、VOF は BEM に比べて細かい時間間隔が必要なため、BEM の時間間隔の $1/10$ から $1/20$ 程度の時間間隔で計算をしています。つまり、BEM の 1 ステップの計算につき、VOF は 10 回から 20 回の計算を行っています。

論文番号 8

著者名 桜庭雅明，弘崎聡，樫山和男

論文題目 CIVA/Level set 法による越波・壱上の数値解析

討論者 日野幹男（中央大学）

質疑

壱上計算では、dry bed と wet bed で現象が異なるが、どちらで計算したか、実験と同じか
気 - 液ではなく、液 - 液の二層流の場合にも適用しうるか。二層流でも面白く重要な現象であるが、今後やって欲しい。

回答

今回の計算では dry bed で計算を行っている。実験は引用した実験値にその内容が記載されていない。今後、このような比較を行う際は、実験条件についても明記されたものを適用して、本手法の精度について追求したい。

本手法は、二層流モデルで気 - 液を解いており、液 - 液の適用も可能である。液 - 液の二層流に対する適用性について検討して、別途提示したいと考えている。

討論者 新谷哲也（東京都立大学大学院）

質疑

造波境界の気相部分には気相の流入がないということですが、非圧縮性の場合、造波境界における液相流入分だけ気相が計算領域から流出しなければ連続性が満たされないと思われませんが、どのような処理を行っているのでしょうか？

回答

今回の計算では、液相部分のみに沖側の流入を考慮しており、岸側では流出条件を考慮している。気相部分に境界条件を考慮することも考えられるが、

気相に与えるべき条件が明確にならないこと

Free で与える場合において、本手法の開境界処理に対する課題が残されていること

が理由として考えられ今回は適用していない。

連続性に関する課題については残されたままであるが、今後造波条件に関する課題についても取り組みたいと考えている。

論文番号 9

著者名 陸田秀実，清水研一，土井康明，福田和宏

論文題目 CIP-EDM 法による自由液面と弾性体運動連成解析

討論者 新谷哲也（東京都立大学大学院）

質疑

CIP-CUP 法で得られた固相の密度関数を EDM 法で得られた固体位置に基づいて修正されているとのことですが、この修正によって固相の密度関数（占有率）が変化したセル内において、他の密度関数（液相・気相）はどのように評価されているのでしょうか？

回答

CIP-CUP 法において、固相、液相、気相の全てを取り扱っている。但し、EDM 法による固体粒子群の挙動と若干の差異（時間刻みが小さく、固体粒子群の挙動が小さい場合、大きな差異は生じないことを断っておく）が生じるため、固体粒子群の位置に基づいて、CIP-CUP 法の固相、液相、気相の全ての密度関数を修正する。この際、指摘の通り、占有率が変化することによって、運動量および密度において整合性が取れない。このため、論文に示す式(10)～(13)の方法により、流体力として、各々の支配方程式に補正項を付加させている。その後、修正された流速場および密度関数を圧力のポアソン方程式に反映させるため、固相、液相、気相の圧力場を計算領域全体で求め、圧力場および流速場の連続性を満足させている。以上のプロセスにより、ご指摘の点の整合性を保っている。

討論者 沖 和哉（京都大学）

質疑

ダムブレイクのアニメーションにおいて、水塊の左上角が時間が経過するにつれてとがっているが、それは実現象を再現するものか？

もし、数値的なものなら、それを防ぐ方法を何か考えられているか？

回答

CIP-CUP 法は気相、液相を同時に解いているため、このようなダム崩壊問題の初期においては、速度の勾配が非常に大きくなり、結果として、ご指摘のような角部の微細な液面不安定が発生し得る。但し、この数値的エラーが現在対象とする現象の結果に与える影響は非常に小さく、実験結果によって検証済みであり、これが原因で体積保存性が大幅に悪くなることもない。なお、ダム崩壊問題の実験においても、実際は仕切り版を瞬時に持ち上げるため、速度勾配が顕著となり、角部において同様の不安定はおきてしまう。

また、この数値的な問題を防ぐ方法としては、格子数を増やすことである程度は抑えられると考える。さらに、より高精度な移流計算法を組み込むことも一つの方法であり、現在進行中であ

る。

論文番号 10

著者名 武若 聡, 佐藤 洋

論文題目 Xバンドレーダを用いた荒天時の浅海域波浪場の観測

討論者 日野幹雄

質疑

沖から岸への波の伝播・変形の様子が大変きれいに撮れている。これから海岸地形の逆算ができるはずだと思うが、すでに誰かが行っているか。(普通は海底地形を与えて、波向変化を計算するが、その逆をやれないか?)

回答

論文中で、波峰の移動を PIV 法により解析し、この移動速度を波速として分散関係式から海底地形を求めています(論文中、図-8)。また、この種の試みは他の研究グループでも行われています。私達の得た推定結果、また、他の類似研究の推定結果のいずれも、岸地形を明瞭に再現することが困難であるという欠点があります。

討論者 磯部雅彦(東京大学)

質疑

抽出された汀線変動の沿岸方向への伝播現象について Edge 波によるものとして考察していますが、入射波浪が斜め入射であるために沿岸方向への波速を持っていることによるのでしょうか。

回答

砕波ボアの入射角と汀線となす角がわずかに直角からずれることにより、沿岸方向に伝播する成分が映る可能性があります。ただし、この成分の発生周期は、波の有義周期(10 数秒程度)になると考えています。今回の観測結果に見られた、沿岸方向に伝播する成分の周期が 30 秒より長いオーダーであることから、ここでは Edge 波としての考察を行いました。非常にラフな解析であるので、再度慎重に検討を進める必要があると考えています。

討論者 小林智尚(岐阜大学)

質疑

強い降雨がレーダ画像に影響をおよぼしませんか?

台風時の波浪はXバンドレーダにとって観測しやすい対象でしょうか。

回答

降雨があると画像中から波峰位置を検出することが非常に困難になります。ただし、平均画像を用いて解析する対象(例えば、汀線位置の検出など)は降雨の影響を受けにくいと感じています。

レーダ観測システムのナイキスト(空間・時間)の制約からはずれた領域で観測できる点では良い観測対象です。一方では、シャドウイングの影響の程度、波浪場の非線形性の影響など、

解析を難しくする要因も大きくなるはずですが、その程度を見積もることは簡単ではありません。

論文番号 11

著者名 津守博通，杉原裕司，古寺大悟，吉岡洋，芹澤重厚

論文題目 気象・波浪条件が白波被覆率に及ぼす影響

討論者 安田孝志（岐阜大学）

質疑

白波被覆率と水面の roughness height や steepness などのパラメータとの関係について検討されていれば教えて頂きたい。

回答

本研究では、白波被覆率と roughness height や steepness との関係については検討してないが、代表的な風波パラメータとの関係については検討を行った。まず、Toba and Koga (1986) が提唱した砕波パラメータ $R_B (=u_{*a}^2/\nu_a\omega_p)$ 、 u_{*a} ：気流側の摩擦速度、 ν_a ：空気の時粘性係数、 ω_p ：風波のピーク角周波数)と白波被覆率はデータのばらつきはあるがほぼ線形関係にあった。また波風径数 $\omega_p u_{*a}/g$ と白波被覆率の関係についても検討したが、本観測結果では波風径数がだいたい同じ値に集中しており、両者に明瞭な関係は見出せなかった。現段階ではデータ数が不十分であるので、今後観測を重ねてデータの蓄積を行い、砕波を規定する風波パラメータと白波被覆率の関係について明らかにしていきたい。

討論者 水谷夏樹（大阪産業大学）

質疑

風の減衰と波の現象には時間的なずれ（応答）があるというが、白波は高周波成分であり、減衰はすぐに起こってずれがあるとは考えにくい。むしろ、うねりの存在や風向きの変化によるフェッチの影響が大きいのではないか。

回答

観測結果からうねり存在によって白波砕波が抑制されることが示唆されるが、これはうねりが存在することで風波の発達を抑えられるという実験事実と定性的に一致している。しかしながら、風波とうねりの関係については未解明な点が多いので、今後とも慎重に解析を進めていきたいと思う。また、本研究は陸地から比較的近い海域で観測を行っているため、風向によって吹送距離が変化し波浪の発達の度合いが異なることは十分考えられる。また、風の非定常性も大きく寄与していると考えられるので、今後は風向や風の突風率といった観点からも検討していきたい。

論文番号 12

著者名 泉宮尊司，上野 晃，石橋邦彦

論文題目 風波上の気流圧力および風速変動の鉛直分布特性に関する研究

討論者 日野幹雄（東京工業大学名誉教授）

質疑

微差圧計はどんな形・構造か？圧力面は水平（気象学型）か，垂直（建築，ビル型）か．

圧力計，風速計は平均流方向にしていると思うが，瞬間流線はこれからずれるが，その補正は？

回答

実験に使用した微差圧計は，キーエンス社製の微差圧計で，2cm 程度の直方体で中にはシリコンの膜があり，歪抵抗の抵抗値の変化を電気信号に変換しています（シリコン・ダイヤフラム式）．圧力面は水平で独自で作製したピトー管の静圧孔と風洞水槽外の室内気圧の差を用いて計測しております．

圧力計および風速計共に，位置を固定して主気流方向に平行な値を計測しています．瞬間流線からずれますが，Euler 的計測ということで特に補正は行っていません．

論文番号 13

著者名 土屋 悟，井坂健司，小林智尚，安田孝志

論文題目 風波砕波上の気流乱流特性に関する数値解析

討論者 宇治 豪（アルファ水工コンサルタンツ）

質疑

波の峰の所だけ計算しているが，一波長で計算してほしい．一波長を通じた接線応力と圧力を計算すれば発達率が計算でき，数値モデルの検証や発達率に対する圧力，接線応力の役割がわかる．

回答

今回は波頂付近の気流場を対象としたため一波長約 40cm 中，波頂付近の約 20cm の区間を底面境界として計算をしました．しかし，波の発達率を検討する上においては一波長で計算することが不可欠になると考えております．今後実験で一波長のデータが得られれば，計算を行いたいと思います．

討論者 杉原裕司（九州大学 総理工）

質疑

波面上の境界条件に non-slip 条件を用いられておりますが， k - 乱流モデルの境界条件としては問題があるのではないのでしょうか？

回答

今回の計算条件を考慮すると，non-slip 条件は少し無理があると考えています．底面近傍の k と の計算に関しては境界付近の流速値を参考に壁法則で計算しましたが，流速の境界条件に関しては今後検討していきたいと思っています．

討論者 辻本剛三（神戸高専）

質疑

剥離をともなう場に標準的な乱流モデルを用いると不都合になる事が言われているが今回の乱流モデルにはこの点を何か考慮されましたか？

波面の変形等を考慮する場合、気流側は圧縮性を考慮する必要はあるのでしょうか？

回答

今回の計算においては考慮してはいません。しかし、気流の剥離点や再付着点を正確に考慮する上においては、ご指摘通り標準的な k -モデルでは問題があるので、今後剥離を考慮した改良型 k -モデルや LES の適用を検討したいと思っています。

波面の変形を考慮する場合においても気体の圧縮性は気流場に大きな影響を与えないと思います。計算手法や境界条件等にもよりますが、本研究の条件では波面を変形させても非圧縮性流体として扱ってよいと思います。

討論者 日野幹雄

質疑

この結論を一般化することには注意が必要でしょう。なぜならば、

波速 C は実際の波では波長が長く、風速 U に比べても無視できない。

表面の流速は orbital motion を考えなくてはならない。昔、Shemdin は orbital motion の影響を考慮した実験をしている。

土屋他の論文は昔々の Motzfeld の風波の風洞実験に相当している。

回答

今回計算の対象とした波は波長が約 40cm で波速は約 0.9~1.0m/s になり、気流の主流速 10.0m/s に比べて波速は十分に遅いと考え、波速を無視して計算を行いました。ご指摘の通り波長が長い場合は波速を考慮する必要があると思います。

掲載はしませんでした。表面に風速の 20% および 5% の流速を与えた場合の計算も行いその影響についても検討しました。その結果、表面流速を無視の有無による流速ベクトルの分布等に大きな変化はなく気流場に大きな影響をおよぼしていないと考えました。そのため、本研究では表面の流速を無視した場合のみについて議論しました。ただし、対象となる波や風速によっては無視できない結果となる可能性も考えられると思います。

ご指摘ありがとうございます。今後は過去の実験研究と対比しながら研究を進めていきたいと思っています。

論文番号 14

著者名 杉原裕司，津守博通，大賀崇史，吉岡 洋，芹澤重厚

論文題目 風波とうねりが混在する波浪場の海面抵抗則に関する研究

討論者 田中健路（熊本大学）

質疑

Monin-Obukhov similarity の検証を、観測データを使って行なっていたかどうか。

回答

本研究では、風速や気温の鉛直分布を測定していないため、Monin-Obukhov similarity の検証は行えない状況にある。むしろ、相似則の成立を仮定して、海上高度約 23m の風速から 10m 平

均風速や摩擦速度を算定している。

討論者 日野幹雄

質疑

「抵抗係数が低風速ではうねりに大きく依存する。」との結論は、どんなメカニズムによるものか。

回答

低風速領域において海面抵抗係数が大きな値をとり、それらのデータは主にうねりが卓越する場合の条件のもので占められているが、その理由についてはまだ検討されていない。Donelanら(1997)は、風と逆向きに伝播するうねりが存在する場合、低風速域において海面抵抗係数が顕著に増大することを指摘している。本研究のデータも同様の状況が考えられ、今後の検討で明らかにしていきたいと考えている。

討論者 森 信人(大阪市立大学)

質疑

うねりの波高(エネルギー)の影響はないですか？

回答

うねりと風波が混在する場合、風波成分もうねりの成分もそれなりにエネルギーを持っている。本研究の観測値では、うねりのエネルギーがそれなりに大きいにも関わらず、あまり明瞭な依存性が見えていない。うねりの影響を明確にするには、Following swell や Counter swell の条件のデータを多く集める必要がある。本研究では、これらの条件のデータが相対的に少なかったように思われる。

論文番号 15

著者名 水谷夏樹, 橋本典明

論文題目 風波が発達した界面下の吹送流特性

討論者 杉原裕司(九州大学 総理工)

質疑

ここで用いた手法で、どのようにして界面での運動量の収支を解明していこうと考えられていますか？そのアイデアについてご教示ください。

回答

残念ながら、現在のところ具体的なアイデアがあるわけではありません。風の運動量を摩擦速度によるマクロ評価で行うには限界があると感じています。昔から言われていることですが、波のパラメータや乱流のパラメータを効率よく導入する方法を考えなければなりません。風波が発達した界面においては波の峰と谷の間で比較的大規模な乱流境界層が形成されています。水槽内では波高や波長のオーダーが気流側の組織渦のオーダーと同程度になることから現地との比較はできませんが、水槽レベルでさえも乱流現象を取り込むモデルがありませんのでこの領域の計測を行い、次の研究につなげていきたいと考えております。

論文番号 16

著者名 小笠原敏記，久保田踊児，安田孝志

論文題目 ベキ則に従う強風下吹送流の生成とバースト層の役割

討論者 杉原裕司（九大 総理工）

質疑

従来は，diffusion = dissipation のバランスから $\sim z^{-4}$ の関係が出てくると考えられています．ここでは，production = dissipation からその関係が導かれており，従来の解釈と矛盾してないでしょうか？もちろん，従来の研究の解釈が正しくなくて，こちらの解析の説明が正しいかもしれませんが．

バースト層は通常 $5H_s$ 程度ではなかったでしょうか？

回答

有義波高程度の極表層では，砕波起源の乱流成分によるエネルギー散逸が卓越し，それより下層では，平均流れを起源とするエネルギー散逸が支配的になるものと推察される．現地観測においては，計測条件の不安定性によって表層の計測は困難であり，実験結果と現地観測値を直接関連付けるには，なお詳細な検討が必要と言え，今後の課題である．

従来までは，計測精度の問題から表層付近の正確な流速データを得ることができなかったが，本研究では，PIV 手法の開発によって高精度な流速データの取得が可能となった．その結果，有義波高程度 H_s の表層の流速分布がベキ則に従うことが明らかとなり，そこでの白波砕波に起因する高周波乱流エネルギーの鉛直分布の発達傾向が類似していることから，改めて流速分布と乱流エネルギーの両者の関係より，バースト層を有義波高程度と定義した．

論文番号 17

著者名 木原直人，植田洋匡，山下隆男

論文題目 海面直下で発達する熱対流混合層の乱流構造に関する数値的研究

討論者 津守博通 九州大学（総合理工学府）

質疑

渦管が水表面に達することで乱流渦による表面更新があると考えられるが，計算では再現できるのか．

回答

本計算結果において表面近傍の流体を沈み込ませる表面更新過程は再現できている．しかし，本研究では surface renewal theory の適用性を検討することが目的ではないため，この過程に関するパラメータとなる更新の周期等は求めていない．今後，表面更新過程に関する解析をする予定である．

論文番号 20

著者名 鷲見浩一，兼藤 剛

論文題目 一様斜面上の砕波に伴う気泡混入特性と砕波点近傍の流れ場に関する研究

訂正

図-6 の(a) $t=8/24$, (b) $t=11/24$, (c) $t=12/24$ は誤りであって，正しくは，図-6 の(a) $t=0.4/0.8$, (b) $t=0.5/0.8$, (c) $t=0.6/0.8$ です．

討論者 辻本剛三(神戸市立高専)

質疑

水中に混入した気泡の乱れの生成あるいは逸散のどちらに寄与するのでしょうか？あるいは，気泡径のスケールに依存するのでしょうか？

回答

砕波に伴って波内部に混入する気泡が乱れの生成や逸散にどのように寄与するのかは，現在，明確には解明されていません．したがって，今後，気液混相流の同時計算が可能な MARS 法により，気泡の波内部への混入現象の再現計算を実施して，気泡混入域近傍の流速の算定結果から，乱れ強度，レイノルズ応力等を求めて，気泡が乱れの生成あるいは逸散にどのように影響しているのかを検討したいと考えています．

論文番号 21

著者名 渡部靖憲，榎野英之，佐伯 浩

論文題目 砕波に伴う非回転流速場から回転流速場への遷移に関する研究

討論者 柿沼太郎(港湾空港技術研究所)

質疑

完全流体の乱されていない運動にも，なんらかの原因によって発生した渦度を伴う回転流れが存在し得る．また，逆に，乱れが生じていても，流速成分が非回転成分のアンサンブル平均流速と乱れ成分のみで占められていれば，これは，必ずしも回転流れと呼べないであろう．流速の回転成分の発生が，砕波における乱れ生成の端緒となったことが，計算結果である図 8 によって認められ，本研究に関心を持った．しかしながら，生成した乱れの発達，回転成分と非回転成分のどちらによるのか，または，両者の寄与によるのか不明確であり，また，LES のグリッド・スケールによっては，比較的細かな渦の有する回転成分のアンサンブル平均流速が乱流モデルで処理されている可能性もあると思われるが，いかがか．貴モデルによってこうした相関が明確になれば，渦と乱れを含む砕波の機構がより明らかになると思う．

回答

本研究はご指摘の点について明らかにすることが目的の 1 つであります．定量的に確認はできていませんが，ご質問の「乱れの発達」への寄与について以下の様に考えております．乱れの「発達」とは若干曖昧な状態を表しますので，生成，移流，拡散，散逸に「発達」の役割を分けて考えてみます．乱れの生成は，一般に平均流速の局所勾配が主要なパラメータになりますので，論文に記述があるように非回転流速勾配と比べ回転流速勾配の方が圧倒的に大きく，生成を正しく

評価するためにはやはり回転流速の寄与を考慮する必要があります。次の移流については、波動性を示す非回転流速成分による岸沖方向の乱れの移流が顕著に表れる一方、回転流速はローラー渦等による比較的局所的な移流のみに寄与します。拡散と散逸はそれぞれ変動速度の3重相関や歪相関にかかわるので乱れの状態に依存しスケールの大きい回転、非回転流速の寄与は非常に小さいと考えられます。要するに、乱れの発達には非回転、回転流れ両者がかかわるのですが、それぞれ役割が大きく異なり、特に生成、移流に対する特に回転流れの寄与は砕波過程において極めて大きな役割を果たします。それ故、本研究では、回転流速の砕波モデルへの導入が必要であるということを強調しています。

一方、LES ではグリッド内の渦が統計普遍量として表されるようなカットオフ波数以下のグリッドサイズを設定する必要があります。

論文番号 22

著者名 渡部靖憲，秀島賢保，佐伯浩

論文題目 三次元 Super-Resolution PIV の開発と砕波下の混相流への適用

討論者 岡安章夫（東京海洋大学）

質疑

固液混相流を対象とするというお話ですが、固相（砂粒子）と液相（水）それぞれの計測の具体的な方法と精度、信頼性、今後の固相・液相同時計測の見通し等についてもう少し詳しく教えてください。

3次元流速のそれぞれのコンポーネントの分離精度はどの程度なのでしょうか？

回答

固相及び液相の計測方法については、論文内の3.(1)実験装置(pp.109)に記載してありますのでそちらを参照してください。

混相流実験においても両相について精度、信頼性は数値試験と同等（最大流速との平均誤差およそ5%）と考えています。平均誤差を踏まえた流速は以下の式で表せます。

$$U = \bar{U} + U' + 0.05\bar{U}$$

誤差はランダム量とすれば平均流速 \bar{U} の信頼性は誤差に影響を受けませんが、もし平均誤差が流速の変動と同等のオーダーで、その一次および二次のモーメントを計算する場合には、さらなる検討が必要であると考えています。

同期させた固相および液相それぞれについて統計量での評価を考えており、固液混在状態での瞬時同時計測は現時点で考えておりません。

最大流速との平均誤差はそれぞれ、 $x: 4.5\%$ 、 $y: 3.5\%$ 、 $z: 3.8\%$ です。これは粒子位置によって流速が大きく異なるため、時間ごとの誤差を平均した値です。

論文番号 23

著者名 五十里洋行，後藤仁志，酒井哲郎

論文題目 気液二相流型粒子法による砕波過程の数値シミュレーション

討論者 有川（港空研）

質疑

衝撃砕波圧にもし適用されていれば，その適用結果を教えてください。

回答

御指摘頂いた衝撃砕波圧の推定への適用を念頭に，気液二相流型粒子法への取り組みを始めました。ただし，現時点ではまだ粒子数密度の揺らぎに起因する圧力擾乱の問題が存在しており，圧力擾乱の緩和・低減のための方法を検討している段階にあります。今後は，既往の波圧計測結果との対応を検討しつつ，衝撃砕波圧の推定への適用を進めたいと考えております。

討論者 安田孝志（岐阜大学）

質疑

方程式では分子粘性項しか考慮されていないが，粒子サイズからすると気液混相に対する何らかの散逸モデルが必要ではないか。

回答

御指摘の点については著者らも同様の認識を致しております。これまでも単相流を対象に，SPS 乱流モデルを組み込んだ粒子法の展開（Gotoh, H., Shibahara, T. & Sakai, T.: Sub-Particle-Scale Turbulence Model for the MPS Method - Lagrangian Flow Model for Hydraulic Engineering -, Computational Fluid Dynamics Jour., Vol.9 No.4, pp.339-347, 2001.）を行っており，一様斜面上の砕波を対象とした検討も行っております（後藤仁志・林 稔・織田晃治・酒井哲郎：SPS 乱流モデル付き拡張 MPS 法による砕波・遡上過程の数値解析，海岸工学論文集 第49巻 pp.31-35, 2002.）。今後は，SPS 乱流モデルを気液二相流に拡張して適用する方向で取り組みを進めたいと考えております。

論文番号 24

著者名 後藤仁志，橋本麻未，酒井哲郎

論文題目 砕波 CG の写実性向上のための粒子法 SPS 表情モデルの構築

討論者 鈴木崇之（横浜国立大学工学研究科）

質疑

砕波による白波や巻き波，崩れ波といった表現も可能になるのでしょうか。

回答

まず物理骨格の計算法としての MPS 法では巻き波，崩れ波といった砕波モードの変化を統一的なモデルで計算できることは確認されています。現実の砕波と比較した場合のリアリティに関しては，飛沫の表情の再現性が重要であると考えていますが，分裂水塊の発生量が物理骨格の計算法としての MPS 法で上手く推定できるとすれば，液滴が細分化されるプロセスを如何に実物に似せて描けるかということが鍵となるでしょう。液滴がミスト状になるまでの物理プロセスは今回導入した単純なランダムウォークでは充分には表現できているとは言えず，その意味で今回

のモデルはアドホックな対応とも言えるでしょう。粒子スケール以下の表情表現のモデルとして一般的なアドホック CG の方法論も含めて、計算の実効性とモデルの詳細度のバランスに関して検討が必要だと考えております。何れにしても、場を限定せず、あらゆる水塊分裂減少に対して同一の方法で対応できる CG 手法の構築が本研究の目指すところです。

論文番号 26

著者名 小野正博，宇野喜之，片野明良

論文題目 画像解析による荒天時遡上域での長周期水位変動挙動に関する研究

討論者 日野幹雄（中央大学 総合政策学部）

質疑

せっかく広い範囲をビデオに撮影しているが、沿岸でのデータのみの利用ではなく、リーフ内の波の変形も解析してみたら。ただし、ビデオは2台以上必要だろう。以前、武若氏と共著で、リーフ内の波の変形を（実験で）解析したので参考にされたい。

回答

本研究では、ビデオ画像より遡上域での面的な水位変動挙動をデータ化し、その挙動の長周期成分を精度良く抽出することができた。取得画像内では、リーフエッジでの砕波や離岸堤周辺での水位変動が目視で確認できるものの、今回の取得画像から定量的な評価をすることは画像の質や設置台数等から困難である。現地海岸においては例がないとが、2台以上のカメラを設置しステレオマッチング等の手法を用いてそれらをデータ化することは理論的に可能であると考え。今後、海域での現象をさらに精度良く定量的な評価を行うために必要となる画像の高解像度化や解析技術について検討を行いたい。また、現地海岸では同期を取ることが困難であるが、他の計測機器との比較を行い精度の向上を図りたい。

また、リーフ沖および離岸堤開口部の水位変動・流速データも含め、詳細な解析や検討を行い、リーフ内の長周期水位変動の特性について明らかにしたい。

論文番号 27

著者名 関 克己，水口 優

論文題目 自然海浜における長周期波の重複波構造と反射特性

訂正

観測データに長時間ノイズがあり、長周期成分の0次モーメントに誤差が含まれていたため表の差し替え、p.131 表 - 1 解析ケースの砕波点諸量，遡上域勾配と限界周波数

表 - 1 解析ケースの砕波点諸量，遡上域勾配と限界周波数

case	x_{sb} [m]	d_b [m]	m_{0s} [m ²]	m_{0l} [m ²]	tan	f_{cr1} [Hz]
1	76	1.65	0.0427	0.0013	0.033	0.020
2	51	0.81	0.0068	0.0007	0.018	0.009
3	42	0.74	0.0048	0.0009	0.017	0.008
4	82	1.43	0.0672	0.0171	0.038	0.017
5	213	4.81	0.2836	0.0359	0.058	0.030
6	201	4.66	0.3744	0.0549	0.057	0.014
7	132	2.94	0.3292	0.0600	0.046	0.015
8	380	7.49	0.4796	0.0554	0.052	0.016
9	385	7.34	0.5230	0.0418	0.036	0.013
10	387	7.32	0.5147	0.0417	0.016	0.010
11	147	3.25	0.4045	0.0490	0.016	0.005
12	148	3.24	0.4266	0.0697	0.019	0.004

図の差し替え , p.134 図 - 8 限界周波数算定式

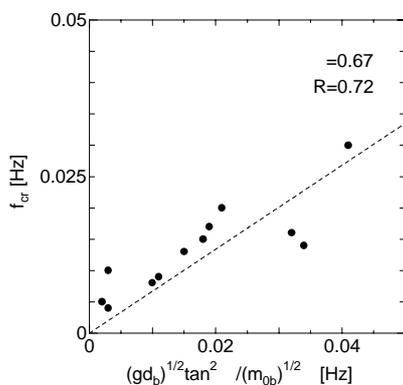


図 - 8 限界周波数算定式

図の差し替え , p.135 図 - 9 反射率の実測とモデルの比較

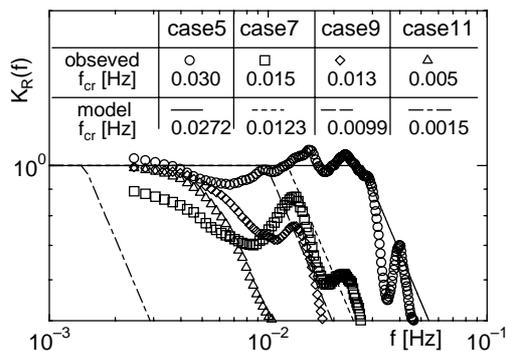


図 - 9 反射率の実測とモデルの比較

論文番号 28

著者名 出口一郎, 荒木進歩, 竹田怜史, 吉井 匠, 大利桂子, 竹原幸生

論文題目 浦富海岸で観測された地形性離岸流の特性とその予測について

討論者 芹沢真澄 (海岸研究室)

質疑

砂州ありの斜め入射時に計算では「離岸流なし」とのことですが、現地を想像すると、砂州での砕波 - 水の塊が砂州内側に流入するはずなので、どこかから沖に流出しなければならないと思われる。この点どのように考えたらよいのでしょうか？教えていただきたい。

回答

計算の条件は汀線方向に無限に長い海岸を考えているので、砂州内側の水塊はラディエーション応力の対角成分の岸沖方向勾配で沿岸方向に流れます。長い直線状海浜での沿岸流の理論と同じです。流下する方向にこのような流れをさえぎる構造物あるいは岬などがあれば、それに沿う形で（遮蔽物上流側で水位上昇が起こりその動水勾配で）沖に流れ出します。

波状汀線の曲率、沿岸砂州の砂州高さなどによっても当然リップチャンネルから沖に出る流れが発生する可能性もあります。また、沿岸砂州が直線でない場合（一般には弧状です）も、砂州背後の波浪場によって定まるラディエーション応力の空間分布に依存した流れ場になり、斜め入射の場合に一樣に沿岸流のみが発生する結果にはならないと思います。

討論者 日野幹雄

質疑

離岸流の強さは一定なのか、あるいは入射波条件が一定であっても強くなったり弱くなったりしているのではないだろうか？

回答

ご指摘のとおり、離岸流を含むいわゆる海浜流の流速は、かなり変動します。また、突発的に発生する離岸流は、発生位置も変わりますし、地形性離岸流でさえ、その流軸は変動します。海岸工学論文集第 50 巻 p.153, 図-6 および 7 あるいは同第 51 巻, p.138, 図-4 および 5 に、極浅海域で計測された流速および同じ地点で計測された水位変動の時系列を示してあります。これらの図に示す時系列は、水深 7m の地点で計測している入射波の波高・周期・波向きがほぼ一定である期間におけるものです。また、これらの図からわかりますように、沖向き流れ（離岸流）の流速変動と水位変動の時系列は明確に対応しません。

現在、海浜流がこのような長周期の変動を示す原因について、検討を進めているところであります。

論文番号 29

著者名 柴崎 誠, 小林昭男, 宇多高明, 芹沢真澄, 熊田貴之

論文題目 離岸流の発生と窪みの形成・維持機構のモデル化

討論者 瀬戸口 (総合科学(株))

質疑

論文では 2 ケースの計算条件(突堤間距離)で行われていますが、さらに突堤間の距離を長くした場合の計算は行われているか。その時も窪み(離岸流)の発生個数は、離岸流が発生する条件 $3B$ (B =砕波帯幅)が成り立ったかどうか？

入射波浪の条件を変えても離岸流の発生する条件 $3B$ が成り立ったのかどうか？(計算結果

があるかどうか?)

なぜ離岸流が発生するには $3B$ が必要なのでしょう?

回答

本研究では、突堤間の距離を長くした場合の計算は行っていません。しかし、窪みの形成は全体の海浜流と良く対応しているため突堤間の距離を変化させても $3B$ が成り立つと考えられます。

入射波浪条件を変化させることは、砕波帯幅が変化することと同じであるため離岸流の発生個数は変化しますが、 $3B$ は成り立つと考えられます。

3 ケースの海浜流の数値計算より、窪みが形成されている付近の一つの循環流の大きさ l は砕波帯幅 B とほぼ等しく、3, 4 号堤間で沿岸方向に 6 個の循環流が見られることから、両端突堤で沿岸方向距離が $6B(B=175\text{m})$ の場合、2 ヶ所で離岸流が発生すると考えられます。すなわち離岸流が 1 ヶ所発生するには、少なくとも沿岸方向距離が $3B$ は必要です。

討論者 出口一郎 (大阪大学)

質疑

我々の浦賀海岸等の実測では、ジャイアントカスプあるいは Rip channel と Feeder channel system は、24 時間程度の継続した高波浪で形成される。「地形変化速度は非常に速い」というのが実感です。突堤間に囲まれた領域で定常的に決まった個数の「深み」が存在する場合というのはどのような理由による(機構による)もののでしょうか?

回答

海底の窪みは循環流により輸送されている漂砂の存在によって動的平衡状態を保っており、短時間の変動や季節変動はあるものの年間を通じて窪みは存在し、上記の回答.3 に述べるように突堤に囲まれた領域において窪みは、砕波帯幅と突堤間の距離との関係により決定する。

論文番号 30

著者名 栗山善昭, 伊東啓勝

論文題目 波崎海洋研究施設で観測された沿岸流の卓越方向の岸沖分布

討論者 山下隆男 (京都大学 防災研究所)

質疑

岸・沖で漂砂・海浜流(沿岸流)の方向が異なる海岸は多い。むしろ、そのような循環流が定説になっていると言ってよい。その要因には、波と海上風とが同程度に寄与していると思われる。日本海側の海岸では、冬季には沿岸流は風により支配的に発生している。太平洋側の海岸では風波とうねりの主方向が異なる場合が多く、波崎の例もそれであろう。これを漂砂の立場で考えると、net としてはゼロに近いが、循環系の漂砂セルを形成していると思えることができるのでは?

回答

卓越する沿岸漂砂の方向は卓越沿岸流の方向と同じであると考えられるので、岸と沖で卓越する沿岸漂砂の方向が異なっている可能性は高い。しかしながら、net の沿岸漂砂量が 0 に近いが

どうか、さらに、循環系のセルが形成されているとすると、どこで岸方向あるいは沖方向に土砂が移動するか、などについては、さらなる調査・検討が必要であると考えます。

論文番号 31

著者名 西隆一郎，山口博，岩淵 洋ら

論文題目 宮崎県青島海岸での離岸流観測---水難事故予防のために---

討論者 鈴木崇之（横浜国立大学工学研究院）

質疑

離岸流の強さはいろいろあるとのことですが、その幅にも大小があるのでしょうか。

回答

一般的には離岸流の幅は 10-30m 程度と言われることが多いし、私も、報道関係者にはそのように答える場合があります。これは、幅がこの程度であれば離岸流に遭遇したときに沿岸方向に泳げば離岸流を横断することが可能で、危険な離岸流から脱出できるという前提にもなります。しかし、空中写真を 2 万枚程度見た範囲ではこれよりも幅が大きい数 10 ~ 100m 程度のものもあります。しかし、水難事故予防という観点からはそのようなことを一般に言えば離岸流からは脱出できないとあきらめる可能性もあるので、基本的には公言しないようにしています。

討論者 日野幹雄

質疑

「潮位が低いときに、離岸流が強い」とのことであるが、それは水位が下がることにより、水深 - 海底地形が変わるためか？入射波には変化はないのか？

回答

理由としては今のところ以下の 2 点が考えられるが、どちらなのかは継続調査により確認する必要があると考えます。

(1) 海底地形が沿岸方向に非一様な三次元地形であるために、観測時の海水浴を楽しむような高さの入射波高の範囲であれば、水深が下がるほど砕波帯の空間分布（言い換えれば平均水面の空間分布）がより顕著に出やすい。

(2) 離岸流の流量が満潮時・干潮時でそれほど変化しなければ、干潮時においては離岸流が流出するリップチャンネル域の流積（断面積）および水深が低下することにより、逆に流速が増加しなければならない。ただし、これらの解釈では、干潮時において離岸流域の水温が低下したことの説明が必ずしもつかない矛盾があります。

論文番号 32

著者名 加藤 始，信岡尚道，小松崎泰光

論文題目 非線形の波の数値シミュレーションにおける 2 次波の性質

討論者 合田良美（(株)・エコー）

質疑

面倒な計算をきちんとまとめられたことに感服します。結論の(5)項の非線形拘束波とアセル数の比例関係は波の方向分散性に影響されるのかどうかお教え下さい。

回答

今回の論文では、非線形拘束波の計算は一方向の波についてしか行っていませんでした。その後非線形拘束波の計算も多方向の波で、方向分解能は少し落してやってみたところ、方向分散が大きくなるほど式(10)の右辺の比例係数は小さくなるが、波高比がアセル数に比例するという関係は変わらないと言えそうです。

論文番号 34

著者名 山口正隆, 大福 学, 畑田佳男, 野中浩一, 平塚敬樹

論文題目 わが国周辺海域および沿岸における2種類の長期波浪資料の精度の比較

討論者 駒口友章((株)テトラ)

質疑

図-7でSPMの推算値が特に高波浪域で過少評価になる傾向になっている。ECMWFの風の特でWAMの日本海側の傾向を説明されていたが、太平洋側のSPMの傾向はなぜ生じているのか？

ECMWFの風が小さいという説明だが、日本海域は閉鎖領域に対して太平洋側での初期、境界条件の影響などは考えられないか？

回答

ECMWF風の精度はわが国周辺海域に限っても必ずしも一様でないことから、地点によっては過大・過小評価の傾向が現れるのはやむを得ないと考えられます。

広大な海域を控え、気象条件が複雑な太平洋側での波浪推算の精度はSPMの場合開境界を仮定することと相まって、准閉鎖海域である日本海側での精度に比べて低くならざるを得ないことも事実であると考えます。

討論者 宇治 豪(水工コンサルタンツ)

質疑

いずれのモデルも満足する程度に波浪を再現すると私は思うが、下の説明があった。「WAMとSPMの比較において入力風の性質が高風速時に低く低風速時に高い傾向に従って、WAMの性質もそうになっているとの説明があった。一方、SPMにおいては同じ風の入力に対しこの傾向がない。従って、SPMも悪くない。」と、このことはWAMでは風が観測に一致すれば、前記の傾向が修正されることを意味している。一方、SPMは現在の風の偏差傾向に対しそれをなくす性質をもつ。単純に波の計算の点だけで比較すれば、現在のWAMの結果の分布のかたよりの方が正しいのではないか。従って、著者の説明は不自然ではないか。

回答

ECMWF風資料は上述のように空間的に必ずしも一様な精度をもちませんが、時空間解像度不足のため、全体として高風速時に観測記録より低めの値を与える傾向にありますので、高風速時

に対する精度が向上した場合には御指摘の通りかもしれませんが、ただし、従来の報告事例をみても、WAM は低風速時に波高をやや過大に評価する傾向にあるようです。また、ここで注意すべきは、本論文では WAM や SPM といった波浪推算モデルの特性よりむしろ、ほぼ同じと思われる風条件のもとに、WAM による波浪推算資料と観測資料の同化により得られた WAM (波) 資料と、モデル中の発達項の係数を tuning した SPM による波浪推算より得られた SPM (波) 資料の特性を比較している点であります。

論文番号 35

著者名 山口正隆, 野中浩一, 畑田佳男, 大福 学, 増田真慈

論文題目 燧灘および播磨灘における台風時波高の極値の推定

討論者 合田良實((株)エコー)

質疑

台風 6118 号による波が期間内最大波高を与えていて、50 年確率波高よりも大きくなっていますが、その再現期間はどのくらいになったのでしょうか。結果から推察すると、台風 6118 号の波は outlier 的な性格があるように思われます。

回答

御指摘の通り、台風 6118 号時の最大波高は突出した期間第 1 位波高をとり、outlier 的性質をもっております。このため、対象海域を台風の右半円および左半円に含むようにコース別に台風を分けた解析も行いましたが、台風 6118 号時の最大波高の傾向に変化はありませんでした。因みに、台風 6118 号時の最大波高の再現期間は約 300 年と評価されます。

論文番号 36

著者名 畑田佳男, 山口正隆, 大福 学, 野中浩一, 白水英路

論文題目 波浪の長期推算システムの瀬戸内海沿岸における適用性の検討

討論者 駒口友章((株)テトラ)

質疑

研究の目的は SMB 法の適用に代わって、瀬戸内海にスペクトルモデルを適用するということでしたが、瀬戸内海の両側(江井ヶ島, 苅田)の結果だけではなく、瀬戸内海の内側の結果は提示されないのか?

また、瀬戸内海の内側は風域を離れたうねりも少ないと考えているが、従来の SMB 法の適用では問題があるか教えて欲しい。(例えば、多島海域なのでフェッチがうまくとれない etc・・・)

回答

まず、瀬戸内海の内側では、比較に使用すべき波浪観測データがほぼ存在しないのが大きな理由です。また、瀬戸内海の内側の海域の地形は複雑ですので、本研究の方法では精度をあまり期待できないと考えます。つぎに、SMB 法について、対象海域が狭いとしても台風や低気圧など早い時間スケールで変化する気象擾乱も混在しますので、その適用性に問題が生じるのではない

でしょうか。

討論者 河合弘泰（港湾空港技術研究所）

質疑

苅田の推算波浪と観測波浪を月別に比較しているが、よく見ると季節的に推算値が大きいところと小さいところがある。その季節の風向や波向の特性と何か関係があるのか？もし、風向や波向別に推算精度を比較していたら、その傾向を教えてください。

また、ECMWF 風と観測風の風速や風向の比較をされていますか？

回答

本論文は ECMWF 風資料を入力条件とする本研究のモデルによって、論文中に提示した図程度の対応が得られる点を示したものであり、討論者が指摘されるような詳細な比較は行っていません。

また、ECMWF 風と観測風の比較結果によりますと、ECMWF 風は時系列でみれば観測風にかなりよく追従しますが、高風速時ほど観測風に比べて小さい値を与えますので、係数の乗算や台風モデル風の埋め込みによって風速の増強をはかっています。風向についても平均的対応は得られていますが、細部においても相違がみられるケースも見受けられます。

論文番号 37

著者名 山口正隆，野中浩一，大福 学，畑田佳男

論文題目 北西太平洋における気象擾乱別確率波高の標本分布の検討

討論者 宇治 豪（ 水工コンサルタンツ）

質疑

この結果が正しいとすれば、すばらしい結果と思うが、検証をどうやって行うのか。

回答

正直のところ、検証の方法はないと思います。ただし、わが国の海岸から数 km の沿岸部では、20～25 年程度の観測資料が多数地点で得られていますので、これらの資料に対する解析結果との比較によってある程度の検証作業が可能になるかもしれません。現段階では沿岸地点を対象とした高地形解像度計算を含めて、今後の課題としたいと思います。

論文番号 39

著者名 野中浩一，山口正隆，大福 学，畑田佳男

論文題目 台風 0314 号時の韓国南東部沿岸における波浪の推定

討論者 駒口友章（（株）テトラ）

質疑

韓国沿岸の高波の発生は経路の偶然性に左右されるとなっているが、対象海域では台風 9119 号などと異なり、直に北上しないと低緯度からのうねり成分が入らない。従って、真直ぐに北上するケースに限定されるということではないか？

回答

韓国南東部沿岸に異常波高をもたらす台風の進行方向はその地形特性から NNE ~ NE に限定されるが、特定地点あるいは特定海域における波高の規模は台風経路に依存して大きく異なるという意味で台風経路の偶然性という用語を使用しています。

討論者 河合弘泰（港湾空港技術研究所）

質疑

台風モデルによる風の計算にスーパーグラディエントウィンドを考慮しているか、もし考慮していないとしたら、外洋波浪の推算ではあまり重要でないために省略したのか？

回答

御指摘の supergradient wind の影響は考慮していません。これは過去からの台風モデル風と観測風の比較実績や波浪推算結果と観測結果の比較実績によるものです。

論文番号 40

著者名 泉宮尊司，上野 晃，石橋邦彦

論文題目 風波の局所相似構造と飽和度を考慮したエネルギー逸散スペクトルの評価

討論者 宇治 豪（アルファ水工コンサルタント）

質疑

平衡領域における各エネルギーフラックスはお話の通りとして、風波のエネルギーピークはこの平衡領域からはずれている。砕波はエネルギーピークのエネルギーも減少させる現象と思うが、この砕波と先生の平衡領域の議論はどのような物理的背景でつながっているのか。

回答

本研究のモデルでは、波浪のエネルギーピーク周辺に、やや大きなエネルギーをもった乱れが存在し、その乱れ強度が乱れの相似構造により波浪の方向スペクトル関係付けられております。従いまして、波浪のエネルギーがピークとなる周波数帯で乱れエネルギーも、エネルギー逸散もほぼ最大となるようになっております。平衡領域でのバランスは、比例係数の算定に用いておりますが、砕波によるエネルギー逸散は、エネルギー含有渦の強度あるいはエネルギーの $3/2$ 乗に比例するとして評価しております。風速が小さく乱れの相似構造が現われないような場合には、やや誤差があると思われませんが、風速が 8m/s 以上で砕波が生じ平衡領域が存在する波浪スペクトルの場合には、本研究のモデルが適用できるものと考えられます。

討論者 小林豪毅（株アイ・エヌ・エー海岸部）

質疑

風波スペクトルの比例係数 はどの程度の風速範囲で一定だと考えられるのでしょうか。

回答

風波のスペクトルに平衡領域が現れる風速は、実験室の場合には 8m/s 程度以上であり、この風速以上であれば砕波が発生するようになります。従いまして、風波スペクトルの比例係数 は風速 8m/s 以上で漸増する傾向にはあるものの、ほぼ一定であると考えられます。現在、現地波

浪データによる検証を行っているところです。

論文番号 41

著者名 橋本典明，鈴山勝之，永井紀彦

論文題目 ECMWF 風 (Operational data, ERA15, ERA40) による長期波浪推算精度の検討

討論者 (株式会社エコー 環境水工部) 仲井圭二

質疑

Operational data と ERA15,40 の差として空間分解能の違いが大きいのではないかと？

Operational data を 1° 間隔で使ったときと，0.5° 間隔で使ったときの比較はしているのか？

回答

Operational data を 1° 間隔にした場合の比較検討は行っておりません。今後の課題とさせていただきます。空間分解能の違いも大きいと思われませんが，それぞれのデータセットで使用されているデータ同化手法の違いもあるのではと考えております。

討論者 株式会社エコー 環境水工部 柴木秀之

質疑

波浪推算結果により，海上風の精度を議論する内容となっておりますが，直接的に海上風の精度比較を行っていますか？知見をお持ちでしたら，教えていただきたい。

また，今後利用するユーザとして，海上風の推算精度そのものを解析した情報を期待しています。

回答

風の直接的な精度比較は行っておりません。今後，海上風の推算精度そのものの解析も行っていきたいと考えております。また，本論では Operational data による波浪推算結果が最も精度が高くなることが明らかとなりましたので，Operational data と ERA15,40 の風の比較検討を行い，ERA15,40 を Operational data 相当の風に変換することで，より高精度の長期間の波浪推算が可能になるのではと考えております。

論文番号 42

著者名 橋本典明，松浦邦明

論文題目 WAM Cycle5 のデータ同化変数の選択と評価関数に関する検討

討論者 宇治 豪 (アルファ水工コンサルタンツ)

質疑

波浪モデルでは正確な風場を与えれば正確な波を計算するという設計概念で構築されていると思う。波浪モデルのパラメータを同化すると，モデルの構造自身が時間・場所で変化することになる。この場合の「モデルが背景として持つ物理はどうなるのか」との疑問が生じる。パラメータを同化するとはどういうことか。

回答

波浪推算モデルの基礎式は方向スペクトルの時空間変動を記述したものです。すなわち、不規則波浪場を方向スペクトルという統計量で表して、波浪の発生・発達・減衰に関する物理メカニズムを方向スペクトルとの関連において記述したものです。ですから、ナビアストークス方程式で流体運動を記述するものと異なり、何等かの近似や統計的な平均操作を導入せざるを得ません。特に、波浪推算モデルのエネルギーソース項の内、エネルギー散逸項は、未だ未解明な点が多く残されている項で、観測データや実験データとのつじつま合わせで関数形が決められている様な状況です。すなわち、この項に関しては、物理メカニズムが不明であることもあり、また計算格子間隔や積分時間間隔などにも依存して、その内部パラメータも異なる値をとる可能性が残されている項です。この意味では現在の最新のモデルにおいても何等かのチューニングの必要性があるのかと思います。

討論者 柴木秀之（株式会社 エコー）

質疑

データ同化に利用している波浪観測データは、浅海波浪変形の影響を含んだものだと考えられます。浅海波浪変形の影響はデータ同化のどの段階で考慮されているのでしょうか。

回答

NOWPHAS 波浪観測地点の水深は 50m 前後であるので、概ね沖波として扱うことができる。

論文番号 43

著者名 辻村太郎，金子公久，京藤敏達

論文題名 風波場における微小擾乱の増幅と風波の安定性

討論者 小林豪毅（株アイ・エヌ・エー 海岸部）

質疑

微小擾乱を対象とされていますが、実際に生じる大きな擾乱に対しても応用可能なのでしょうか。

擾乱により逆に風波の発達が抑制されることはないのでしょうか。

回答

風向きの変化、小さい障害物などによる比較的高周波の擾乱に対しては、今回実験を行った周波数に近しく応用可能と考えられる。しかし、うねりなど低周波の擾乱に関しては、今回の実験を行った周波数範囲とは、異なり、実験の結果を応用するには、更なる研究が必要であると考えられる。

本実験の結果では、風波のピーク周波数が擾乱の周波数を超える位置まで、擾乱は増幅され、その後、さらに高周波数の波に分解され、低周波数の波に合体が行われた。高周波数の波に分解される位置では、有義波高はほとんど発達しなかった。ここでの風からのエネルギーは、波の分解に用いられたと考えられる。

これらのことから、風波場に合った擾乱を与えることにより、ある地点での風波の発達を抑制することも可能であると考えられる。しかし、風波の発達機構は複雑であり、更なる研究が必要

であると考えられる。

論文番号 45

著者名 奥津雄治，関 克己，水口 優

論文題名 ステップ地形における波群砕波に伴う長周期波の発生

討論者 佐藤道郎（鹿児島大学・工・海洋土木）

質疑

リーフエッジでの砕波高で，リーフ上の水位分布が決まるような図になっているが，そうではないのではないかという質問でしたが，私の誤解であったようです。取り下げます。

論文番号 46

著者名 仲井圭二

論文題目 東日本沿岸域における波浪と長周期波の時空間変動特性

討論者 宇治 豪（アルファ水工コンサルタンツ）

質疑

著者の有義波高に対し長周期波の波高の分散の図がきれいにそろっている。本年初夏に久里浜であったシンポジウムのキーノートレクチャーで，南アフリカの同様な図があったが，その分散は長周期波の波高の最低値はそろっていたが，全体は大きくばらついていて，この違いはどこにあるのか。

回答

久里浜の発表では，長周期波高の下限值は，有義波高の2乗に比例する形になっていた。長周期波が拘束波と自由波から構成され，長周期波高の下限值が拘束波高であるとすると理にかなった結果である。私の解析結果にも，わずかながらそのような傾向が見られる

討論者 笹 健児（広島商船高等専門学校）

質疑

$H_{1/3}$ と H_l との関係について，低気圧の位置や移動パターンにも影響があると思われるが，この点について何らかの知見があるか。

H_l が大きいときに回帰式が合わない点について，今後どのような回帰式の改良を考えているか。

回答

有義波高，長周期波高と低気圧の移動パターンについては，港空研の橋本室長が研究されている。しかし，有義波高，長周期波高の関係と，低気圧の移動パターンについては，詳しく調べていない。

波高が高いときは拘束波の割合が高く，小さいときは自由波の割合が高くなるとされている。前者は有義波高の2乗に比例し，後者は1乗に比例する。両者を組み合わせ，波高の大きさによってどちらが効くかが変わって来るような式が望ましいと考えている。

論文番号 47

著者名 高橋吉弘，田辺勇人，柴木秀之，岩瀬浩之

論文題目 土佐湾の異常な高潮に対する防波堤の高潮低減効果

討論者 笹 健児（広島商船高等専門学校）

質疑

本研究で紹介された検討手法が、今年の台風等で高潮の被害が顕著であった瀬戸内海の事例などに適用できるとお考えですか？

回答

本研究で適用した高潮推算モデルは、波による水位上昇（Wave setup）を従来の高潮推算に組み込んだものです。波による水位上昇は、砕波した場合に岸側で生じますから、砕波が生じないような地形条件においては、従来型の高潮推算モデルの適用で十分と考えます。

瀬戸内海において考えると、対象海岸において発生する波浪と海岸の水深から砕波発生の有無を判断し、本研究の推算モデルを適用する必要性を検討することになります。

論文番号 48

著者名 金 庚玉，山下隆男

論文題目 大気・波浪・海洋結合モデルによる台風 9918 号の高潮・高波の追算

討論者 宇治 豪（アルファ水工コンサルタント）

質疑

このシステムの初期条件はどのようにセットされているのか？大気・海洋の結合モデルにおいて、海洋の結果が大気モデルにフィードバックされるメカニズムを明確にして欲しい。

回答

気象モデルの全球計算結果（NCAR/NCEP，気象庁の GPV）をバックグラウンドデータとして、初期値，境界値，4 次元同化データとして使用している。海面水温，波浪（波齢，波高/波長）に依存する粗度が大気乱流の表面条件としてフィードバックされるが、ここでは、海面水温を計算条件として与えているだけで、気象モデルに海面粗度の効果を返してはいない。高潮・高波の再現に用いた本計算のモデルには、厳密な意味での大気・海洋の相互作用が取り込まれているわけではない。しかしながら、波浪（白波砕波によるエネルギー散逸率）を介しての流れへの影響、流れが波浪に及ぼす影響は相互作用として考慮されている。

論文番号 49

著者名 桐 博英，丹治 肇，中矢哲郎

論文題目 地球温暖化後の台風に伴う高潮潮位偏差の変化

討論者 横木裕宗（茨城大学 広域水圏センター）

質疑

人には影響しない程度の高潮でも、農業への影響は大きいというのはなぜでしょうか。越流だ

けではなく、地下からの塩水の浸透などが見られるのでしょうか。

回答

沿岸域に位置する農地では、飛沫によっても塩害を生じる場合が多くあり、わずかな越水や越波によって被害を受け易い。地下からの塩水の浸透については具体的なデータは持ち合わせていないが、ほとんどないを考える。

討論者 安田孝志（岐阜大学）

質疑

温暖化によって、台風程度のみならず、台風による降雨量も増大するのではないかと。後者による農業被害額と前者の強風化に伴う高潮による農業被害の関係についての分析が行われていれば教えて頂きたい。

回答

本年も大きな台風による洪水で農作物に相当な被害を出しており、御指摘の件は大変重要なテーマと認識している。しかし、現在のところ、台風の変化に伴う洪水被害については分析が行われていない。洪水による農作物被害への影響の分析は技術的に困難ではなく、温暖化による台風の変化が、降水量にどのような影響を与えるのかが分かれば分析も可能であると思う。

討論者 駒口（株）テトラ）

質疑

モデル台風を2つ合成しているが、各々で台風のコースと気圧深度を変化させている。論文の中で熊本地点においてモデル2で潮位が最初に下がって後に急激に上がっている結果となっているがどちら（台風のコースor気圧深度）の影響なのか。あるいは地形（半島）による遮蔽の影響と考えられるのか。

回答

モデル台風2の場合、有明海に接近する際に有明海の外側に向く風が生じ、その吹き寄せ効果によって一時的に有明海内の水位が低下する。このため、台風のコースが大きく影響していると考えている。なお、今回の解析には、陸域の地形による影響は入っていない。

論文番号 50

著者名 嶋原良典，今村文彦

論文題目 非線形分散波理論の津波数値解析への適用性と新しい数値モデルの提案

討論者 永井紀彦

質疑

論文集 p.250 図8における平均水面上昇の意味が良く理解できない。

回答

図8下図の平均水面上昇は第1波目のソリトン分裂を表示するためにフロント部を拡大しており、第3波まで表示した図8上図とは時間スケールが異なっている。

討論者 （株）アイ・エヌ・エー

質疑

非線形分散波モデルを使う実用的なメリットは？

回答

浅海域に進入し、非線形性と分散性の位相ズレからソリトン分裂した津波は、波長が短くなりかつ波高が著しく増幅する。非線形分散波モデルは、このような従来の浅水理論モデルでは再現できない沿岸域での波の変形を精度良く再現することができる。これにより、波源から発生・伝播・浅水変形した津波が海洋構造物に与える波力を推定でき、また、河川を遡上する津波の氾濫現象など、津波防災対策で未だ不十分である項目に対しより詳細な評価が可能となる。