

II - 383

逆斜面上の波の伝播特性について

大阪大学工学部 正員○小野正順

大阪大学工学部 正員 出口一郎

大阪産業大学工学部 正員 榎木 亨

1.はじめに：水深の浅い領域から深い領域へ伝播する波の変形計算(例えば航路を横断する波の計算)を行う場合、計算条件によっては波が水深の深い領域に伝播せずUターンして水深の浅い領域にTrappedされる場合がある。本研究では、このような逆斜面上で屈折により水深の深い領域に伝播しない波をTrapped modeと称し、Trapped modeの発生限界について数値計算により検討を行った。

2.数値計算におけるTrapped modeの発生：計算領域として単純化された図-1に示す状況を設定する。沖合いは海底勾配を持たず一定水深 h_a で、波は図中のx軸(岸沖方向)に沿って正の方向から負の方向に伝播する。斜面への入射角を θ 、斜面勾配を $\tan\beta$ とし、水深無限大まで斜面が続くとする。計算に用いた波変形の解析法は、波数の非回転条件式から波向を計算しエネルギー平衡方程式により波高を求める波向線法と格子点法、及び非定常緩勾配方程式に基づく方法の2つの解析法を用いた。

Trapped modeの発生は、各解析法によって異なった形で計算結果に現れる。波向線法により波変形を計算すると、波は斜面上で屈折し図中y軸の正の方向に波向が曲げられる。さらに波が斜面上に入射してからも伝播するに伴って常に波向に対して右側の水深が深いため、波向はy軸の正の方向に曲げられる。その結果、斜面等深線と波向が同一方向に達するまでに深海波の条件にならない限り、波はUターンして水深の浅い領域にもどってしまい、水深の深い領域には伝播しない。このとき波向線は交差するため、そこでの波高は無限大となり計算では発散を生じる。これが、波向線法でのTrapped modeの発生である。また、格子点法を用いた計算では、波向線法と同様にTrapped modeが発生する条件では斜面上で波向の計算が不能となる。

次に、非定常緩勾配方程式に基づく解析法は、時間発展的に水位変動とx,y方向の線流量ベクトルを運動方程式と連続式で解く方法である。この方法を用いてTrapped modeが発生する条件で解析を行うと、波が斜面上に伝播して後、水位変動の空間勾配が大きいところで発散が生じる。このように種々の解析法を用いたがTrapped modeが発生した場合は、いずれの方法でも波高もしくは波向の計算において発散を生じ計算できなくなる。これらの解析法の中で発散を生じないで計算できるのは、波数の非回転条件によって計算される波向線法による波向の計算だけである。従って、波向線法を用いてTrapped modeが発生する条件について詳細に検討を行った。

3.計算条件：計算は図-1の地形と同様の地形で、岸沖方向20m沿岸方向3m以内の領域で行った。沖合いの一定水深 h_a は、15cm,100cmの2種類、斜面への波の入射角 θ は10,20,30度の3種類、斜面勾配 $\tan\beta$ は1/3,1/7の2種類、波の周期については種々変化させて計算を行った。計算でのTrapped modeの発生条件は、計算された波向が斜面等深線と平行になる場合とし、その場所での水深を限界水深 h_c として定義した。また、Trapped modeが発生し

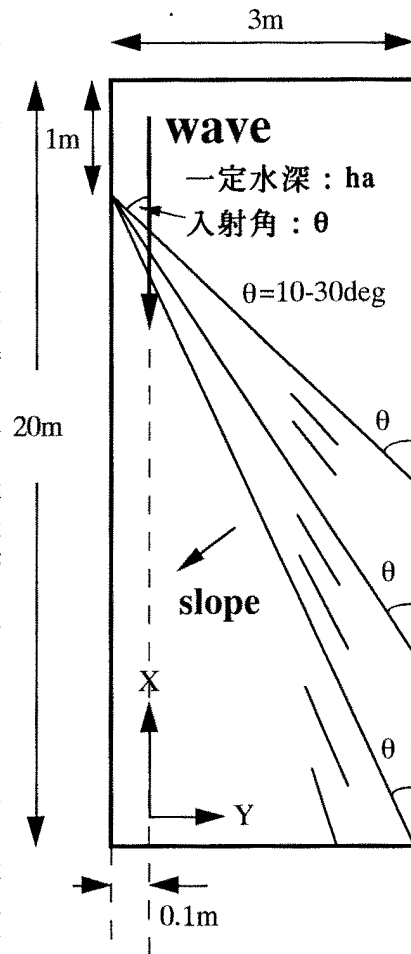


図-1計算領域と座標系

ない条件は、波向が斜面等深線と平行になる前に波長が沖波波長の99.9%以上に達する場合とした。

4. Trapped modeの発生限界と限界水深：Trapped modeの発生限界について図-2に示す。Trapped modeの発生限界は、航路斜面勾配にはほとんど関係なく、浅水域一様水深部での相対水深 ha/La と斜面への入射角 θ によってほぼ推測される。図-2は横軸に斜面への入射角をとり、縦軸に一様水深部での相対水深をとり、黒塗がTrapped modeが発生した場合、白抜が発生しない場合を示している。斜面への入射角が小さいほど

Trapped modeの発生する波条件が広がるのは、波が斜面に入射して来て波向が斜面等深線と平行になるまでの角度変化が小さいためである。これら斜面への入射角度の影響を何らかの無次元化で整理できると考えられるが、もう一つの無次元量である相対水深が入射波周期に対する無次元量となっており、それぞれ入射波の周期によって斜面上での波向変化量が異なるため、容易には無次元量によって入射角の影響を除くことができない。斜面勾配が1/7の場合についても計算を行ったが、図-2に示す1/3の場合とほぼ同様の結果を示した。また、アプローチの水深が15cmの場合についても行ったが、相対水深を考えることにより浅水域一様水深が100cmの場合の図-2とほぼ同様の結果が得られた。

次に、Trapped modeが発生する場合のそれぞれの相対水深と斜面入射角に対する限界水深について図-3に示す。横軸には波条件の無次元量である相対水深をとり、縦軸には限界水深を浅水域の一様水深で無次元化して示している。限界水深に関して深海波の波長 L_0 の1/2での無次元化も考えらるが、限界水深に対する入射波周期の影響を明らかにするために、入射波周期に依存しない浅水域の一様水深により無次元化を行った。なお、各波条件(相対水深)に対する深海波の波長の1/2の値を図中に併せて示している。図より相対水深が大きい程深海波の条件に近くなり、斜面に入射してからの屈折角や波向変化量が小さくそのため限界水深が大きくなる。また、それぞれの斜面入射角に対するTrapped modeの発生限界は、その限界水深が深海波の波長の1/2程度となることに一致していることがわかる。

5. あとがき：本研究では数値計算によりTrapped modeの発生限界を明らかにし、計算上ではTrapped modeが発生することにより波向・波高が発散し計算できないことがわかった。今後、Trapped mode発生時の波変形の特性について実験により検討する予定である。

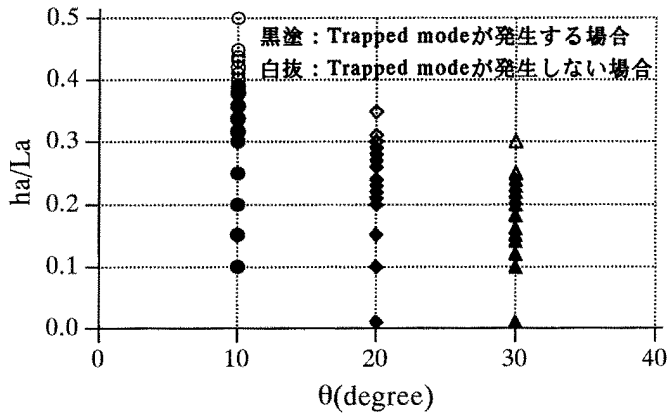


図-2 Trapped modeの発生限界($\tan\beta=1/3$)

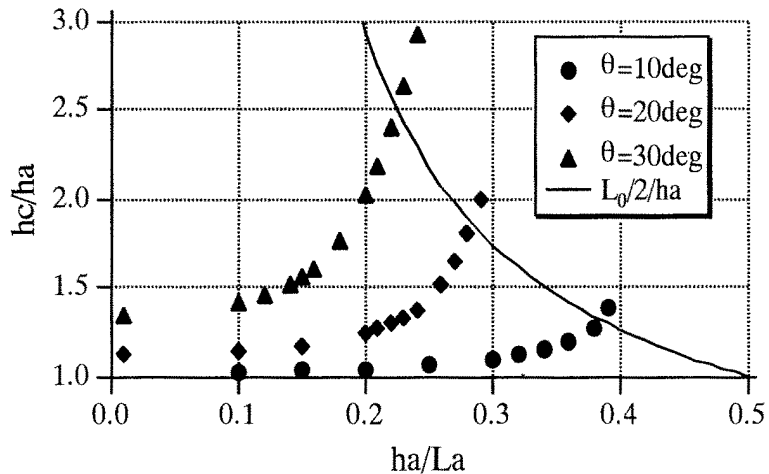


図-3 Trapped modeの発生時の限界水深($\tan\beta=1/3$)