第Ⅱ部門　　カルテシアン・カットセル法を用いた分岐・合流水路における津波の伝播計算

京都大学工学部　学生員　○小西秀誉
京都大学防災研究所　正会員　安田誠宏
京都大学防災研究所　正会員　間瀬　肇
京都大学防災研究所　フェロー　高山知司

## 1. 研究の目的

近年の大都市沿岸においては，埋立地の造成による開発が進められ，また，幾重にも分岐した河川の河口や運河が存在しており，地形が複雑化している．このような現状での沿岸に到達する津波の予測に対しては，広域的な精度だけではなく局所的な現象も再現する必要がある．非線形長波モデルによる直交格子座標系津波伝播計算においては，沿岸地形の再現において，直交格子に対して斜めや曲線の地形は，実際にはギザギザの階段状に近似表現される．海陸境界の近似による誤差を小さくし，沿岸に到達する津波の予測精度を上げるためには，格子間隔を細かくする方法を取るしかないが，計算格子数の増加は計算時間の増大に繋がってしまう．しかし，カルテシアン・カットセル法の導入により，直交格子座標を用いても境界の形状を表現する能力が飛躍的に向上するため，計算時間をロスすることなく，複雑な沿岸地形の再現が可能になる．これは，今後，都市部沿岸域の津波到達波高予測を行う際，局所的な地形要因による増幅や減衰を予測するのに対して，大きなメリットになると考えられる．そこで，カルテシアン・カットセル法を用いた数値解析プログラムである AMAZON-CC (Causon, et al., 2000) を用いて，曲線や斜めの運河・河川における津波の伝播変形計算を実施し，非線形長波モデルとの比較を行うことで，その予測精度および有用性を検討する．

## 2. 数値解析プログラム AMAZON-CC の概要

AMAZON-CC では，Navier-Stokes の運動方程式を海底から水面までを鉛直方向に積分した浅水方程式と，連続式によって流体の数値解析を行っている．Navier-Stokes の運動方程式において，粘性輸送とソース項は考慮していない．また，Godunov タイプの二段階高解像度風上差分スキームである MUSCL-Hancock 有限体積法によって離散化を行い，不連続の問題はリーマン問題として解いている．カットセルの取り扱いについては，流体と固体の境界面に仮想セルを想定して境界面での反射と直接の流入との流体量を算出し，カットセルの辺の長さ平均によって隣接セルに対する流入量を求めている．

実行面での特徴としては，種々の設定条件を一つのコントロールファイルで統括しており，設定条件の変更・管理が非常に簡便になっている．

## 3. 主要な結果

AMAZON-CC は，デフォルトでは指定時間後の水位の平面分布の出力しかできなかった．そこで，本研究で用いるにあたって，任意の時間間隔での水位の平面分布と任意の地点での水深の時系列データの出力を行えるように改良を行った．

図-1 と図-2 のような形状の二本の水路の合流について，AMAZON-CC と非線形長波モデルを用いて解析を行った．なお，非線形長波モデルによる解析は，AMAZON-CC と同等の解析がカットセルを用いないで行えるものとして比較のために用いた．一様水深 $h$ は 3m，入射波の振幅 $A$ は 1m とした．なお，プログラム上の制約から，非線形長波モデルではフルードの相似則を用いて，スケールを 3 倍にして解析を行った．

図-1 は，非線形長波モデルにおける入波直後の様子であるが，波峰が壁面につられるようにして湾曲して

Hidetaka KONISHI, Tomohiro YASUDA, Hajime MASE and Tomotsuka TAKAYAMA

いる. 本来, 津波の直進性によりこのような波峰の乱れは起きない. AMAZON-CC では, 波峰の乱れがなく, この点はよく再現されることがわかった.

図-2 は, AMAZON-CC と非線形長波モデルによる, 合流の直前の様子である. これを見ると, 非線形長波モデルでは, AMAZON-CC よりも波高がかなり減衰していることがわかる. この点においても, AMAZON-CC の実現象の再現性は高いことが確認できる. また, 図-3 は合流部付近での波高の時系列データ (D は合流部左, E は合流部右, F は合流部上, 波高は振幅, 時間は周期で無次元化している) である. AMAZON-CC では合流の様子が再現されているが, 非線形長波モデルではうまく再現されていない.

これらの結果と, その他の水理地形に対しても同様の解析を行った結果, AMAZON-CC の実現象の再現性は高く, 十分実用に耐えうるものであると考える. 今後は, 対象領域を拡大し, 大阪湾の津波計算など大都市沿岸部に対して適用して, 湾内の詳細な津波到達波高を解析することが可能と思われる. また, 人工島の背後への回折現象や河川への津波の進入などにも適用可能であると考えられる.

## 参考文献

Causon, D.M., Ingram, D.M., Mingham, C.G., Yang, G., Peatson R.V. : Calculation of shallow water flows using a Cartesian cut cell approach, *Advances in Water Resources*, 23, pp.545-562, 2000.

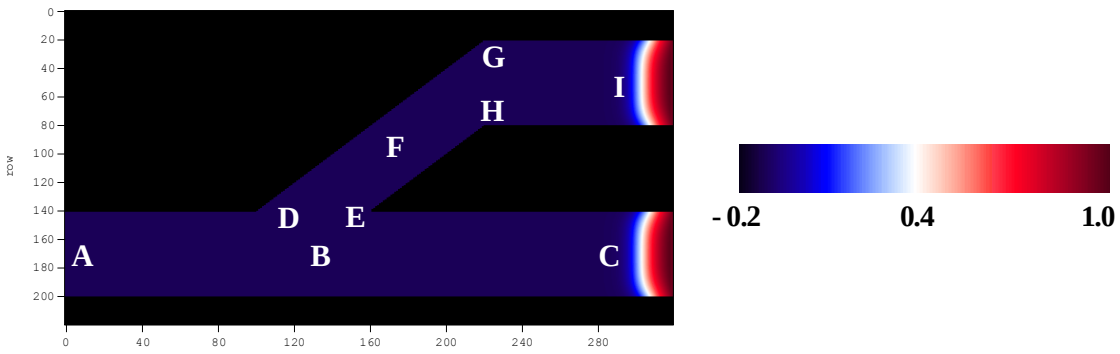


図-1　　非線形長波モデルによる入波直後の解析結果

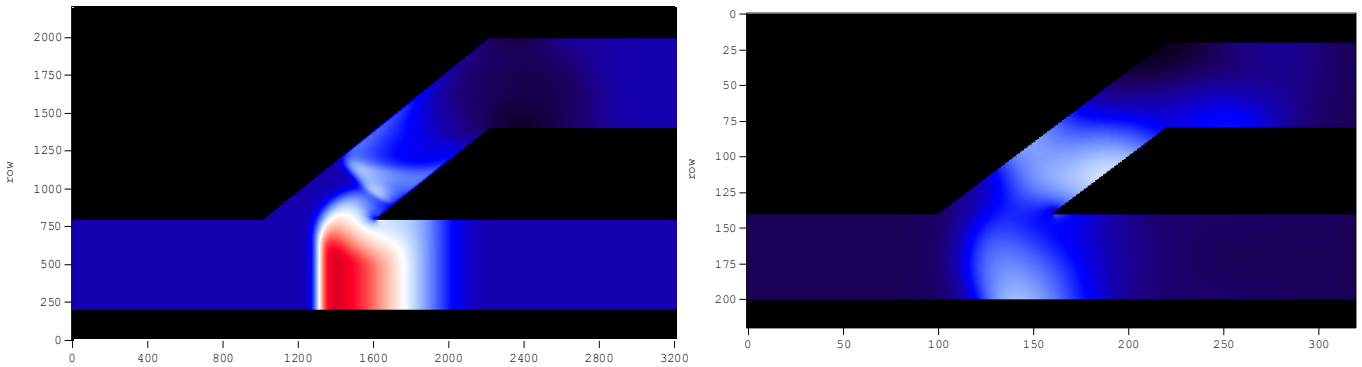

図-2　　合流直前の解析結果（左：AMAZON-CC，右：非線形長波モデル）

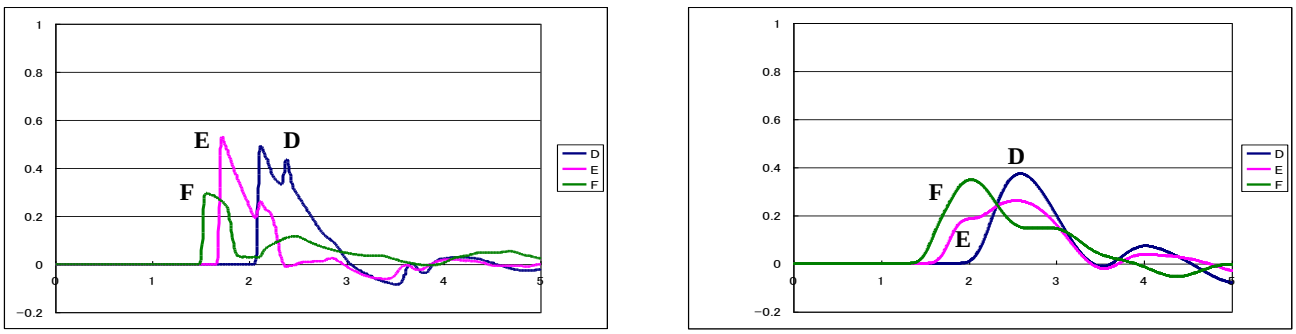


図-3　合流部付近の波高（左：AMAZON-CC，右：非線形長波モデル）