

1. はじめに

河口部の流動解析を行うにあたり、境界条件の設定は計算精度を大きく左右する。吉野川のように河口に砂州や干潟を有する場では、鉛直壁に代表される計算期間中常に水深を有する固定陸域境界と、干潟に代表される時々刻々の水位変動によって陸域と水域とを遷移する移動陸域境界とがあり、後者の取り扱い方法は特に重要である。本研究では移動陸域境界である干潟での境界条件設定法を3タイプ考案し、比較検討を行った。

2. 境界条件の設定法

2次元浅水方程式を用いて、有限要素法によって計算を行う。計算中の各時間ステップで、節点上の水深が0となるとその節点は干出部である。この時の節点上での流速の与え方を変化させたのが、以下に示す3つのアルゴリズムである。

① アルゴリズム-1：干出部と判断された節点 l 、 m 上で x 、 y 方向の流速を共に0と与えるものである。しかしこうすることで non-slip 条件が設定されるため、仮想的な摩擦抵抗力が付加され、過大な流速の低下を生じる可能性がある。

② アルゴリズム-2：干出部と判断された節点を含む3角形要素全体を陸域と考えるもので、節点 l が干出すると要素 ijl 全体を陸域と判断し、節点と境界線との法線方向の流速を $u_n = 0$ と与える。free-slip 条件が満たされるのでアルゴリズム-1で問題となった過大な摩擦抵抗力はなくなるが、図1で示す実線部のように、実際よりも陸域が大きく認識されるために、地形の正確な評価ができない。

③ アルゴリズム-3：陸節点上の流速を陸境界を挟んで対象な節点の流速と一致させるという、free-slip 条件の基本に戻って考えたものである。各要素ごとに着目して計算を行うものであり、要素内の陸節点の流速を水域節点の流速で与える。具体的には、

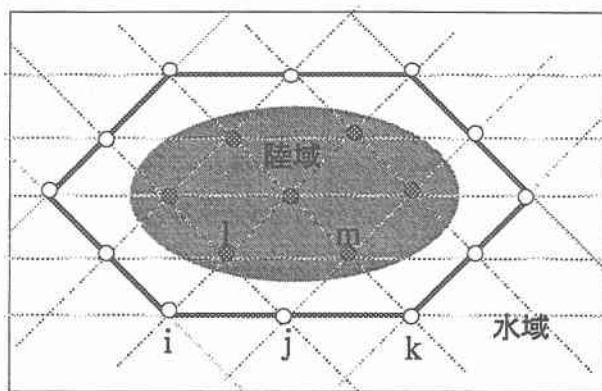


図1 節点の様子

$$\text{要素 } ijl \quad u_l = \frac{1}{2}(u_i + u_j) \quad v_l = \frac{1}{2}(v_i + v_j)$$

$$\text{要素 } ljm \quad u_l = u_j, \quad v_l = v_j \quad u_m = u_j, \quad v_m = v_j$$

と与える。

3. 試行計算

上に述べた3つのアルゴリズムを用いて、矩形湾および吉野川の地形モデルを用いて試行計算を行った。

1) 矩形湾モデルによる計算：計算領域は図2に示すとおりであり、水深は20mとし湾中央部に高さ1mの陸節点を設けた。モデル左端を湾口とし、潮汐として $\eta = 0.5 \sin \omega t$ を与えた。ここで角速度 $\omega = 2\pi/T$ であり、周期 T は3600秒とした。

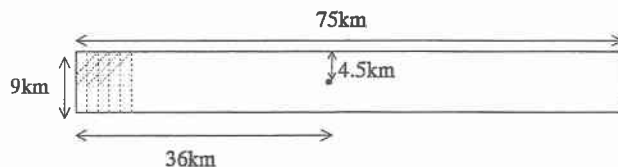


図2 矩形湾モデル

図3に示すのが流速分布と水位変動量である。流速分布に関してはアルゴリズム-1、3には差が見られないが、

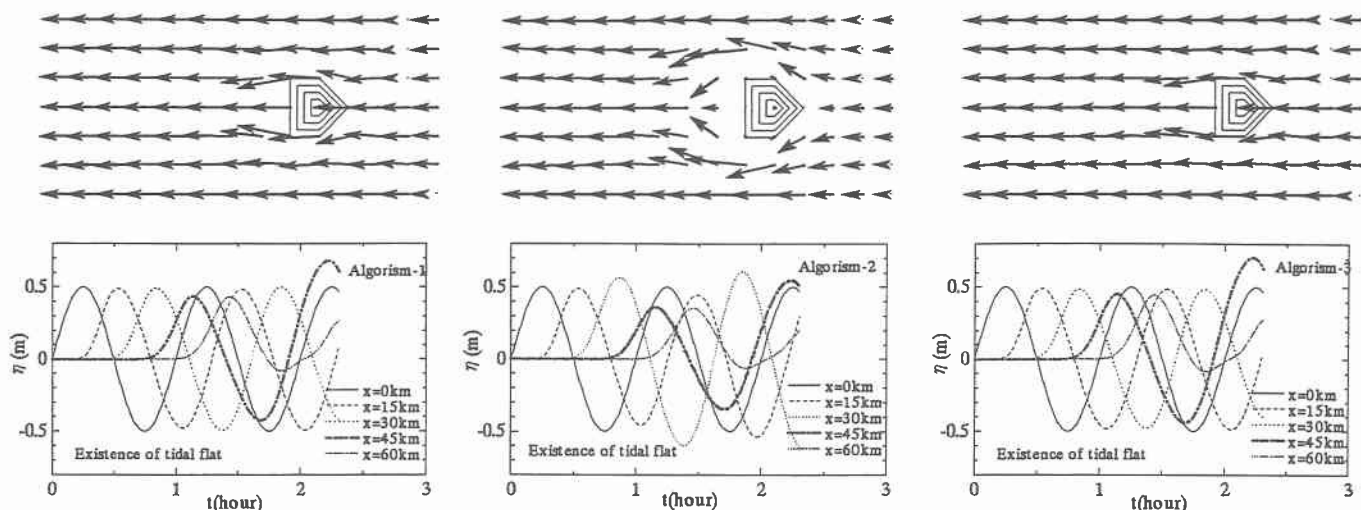


図3 矩形湾での流速分布及び水位変動

アルゴリズム-2では実際よりも干出部を大きく認識しているために流速の乱れている範囲が大きい。また湾口からの水位変動が上手く伝わらず、水位の減衰が見られる。

2) 吉野川モデルによる計算： 矩形湾での試行計算結果が良好であったアルゴリズム-1, 3 を、1990 年の実測データに基づく吉野川の地形に適用した。計算領域は河口より沖に 6km, 上流に 12km とし、下流端で潮汐として $\eta = 0.5\sin(\omega t + \alpha)$ を与えた。 $T = 12.42(h)$ であり、 α は海境界南端から北端までで 19 分の位相差が生じるよう各節点で与えた。

図4 から水位変動に関して、アルゴリズム-1 に見られる大きな位相遅れがアルゴリズム-3 では改善されていることがわかる。流速分布においては、河口砂州があり河道が狭くなっている所でアルゴリズム-3 の方が流速が大きい。アルゴリズム-3 では位相遅れが改善されていることも考慮しなければならないが、アルゴリズム-1 では non-slip 条件が適用されているため摩擦抵抗により流速の低下が生じていると考えられる。

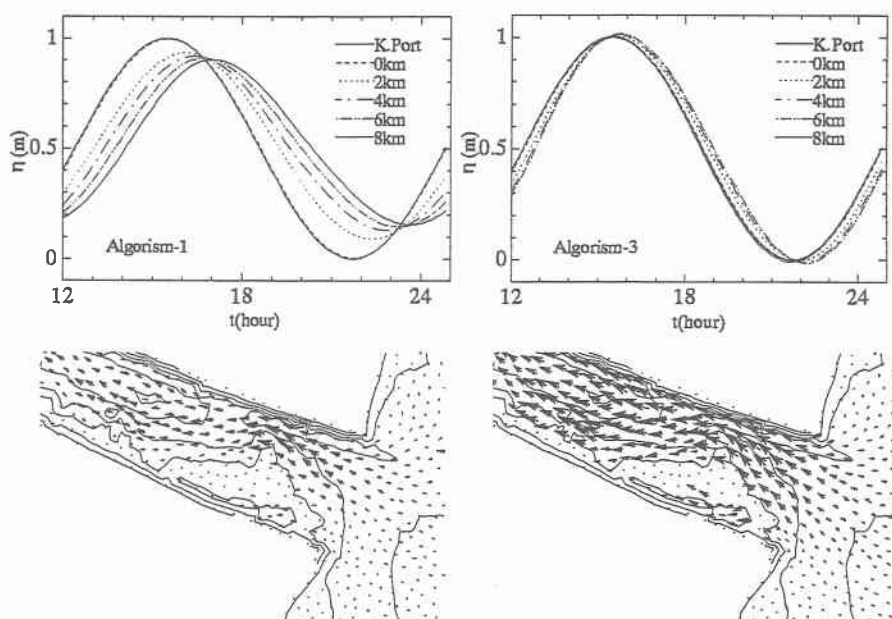


図4 吉野川での水位変動及び流速分布

4. まとめ

砂州や干潟のような、計算期間中の水位変動に伴い干出や水没を遷移する場所での境界条件の設定する時に、干出した節点の流速を同じ要素内の水域節点の流速を仮定して与え、free-slip 条件を設定することで流速分布及び水位変動を上手く表現できることがわかった。このアルゴリズム-3 を河床変動計算に用いて河口周辺の地形変化の解析を行っている。これについては別の機会に報告する。

謝辞 本研究は科学研究費・基盤研究(c)(2) (代表・中野晋, 課題番号 10650509) の補助を受けて実施された。ここに付記して謝意を表する。