

三次元流動シミュレーションを用いた感潮河道の分岐合流部における流況解析

首都大学東京 学生会員 ○松村健史
 首都大学東京 正会員 新谷哲也
 首都大学東京 正会員 横山勝英

1. 研究目的

沖積河川の感潮域では、河道が蛇行・分岐することがあり、地形が複雑になるのが一般的である。また、潮汐の影響で感潮河道における塩水遡上の状況や流況が時空間的に変化する。そのため、感潮河道の治水、利水、環境管理を考える上では、塩淡水の三次元的な流動特性を把握する必要がある。

本研究では、強混合型の塩水遡上が発生する感潮河道の分岐合流部を対象として、三次元流動シミュレーションを行い、流れの特徴について検討した。

2. 研究方法

研究対象地は A 川の感潮河道であり (図 1)、感潮区間は河口から 23 km までである。上流からみて、9.0 km 地点で支川と本川に分岐し、6.8 km 地点で合流、再び 6.0 km 地点で分岐している。

さらに本川は導流堤により分かれている。本研究では、河口から 6~7 km 区間に形成されている分岐合流部をクローズアップするが、そのために感潮河道の 23 km および河口から沖合約 160 km までの内湾・海域を含む三次元流動シミュレーションを実行した。

使用したモデルは Fantom-3D であり、基礎式は連続式と三次元 Navier-stokes 方程式から構成され、乱流モデルは LES を使用し、また静水圧近似とした。離散化においてはスタaggerd 格子と ULTIMATE QUICKEST 法を用いた。

計算格子は河道内で水平方向に 20~40 m、海域で 40~960 m とした。鉛直グリッドは河道内で 0.25 m、海域では 0.5~40 m、時間ステップ Δt は 5~40 s である。上流端 (23 km) からは淡水流量を与えた。下流端は海域であり、近傍の実測潮位と一定の塩分濃度を与えた。初期塩分分布は各種の公表データを参考にして与えた。なお、検討対象の分岐合流部について、独自に詳細な横断測量を行い、河床地形の精度を高めた。

3. 流れの特徴

図 2 に、対象領域の河床標高と水深平均流速の平面分布を示す。地点名は河口からの距離 (6.9, 5.9) と、右岸側, 中央, 左岸側 (R, C, L) の組み合わせで表す。

測量の結果、上流は 6.9R が 6.9L に比べて川幅は広いが、水深

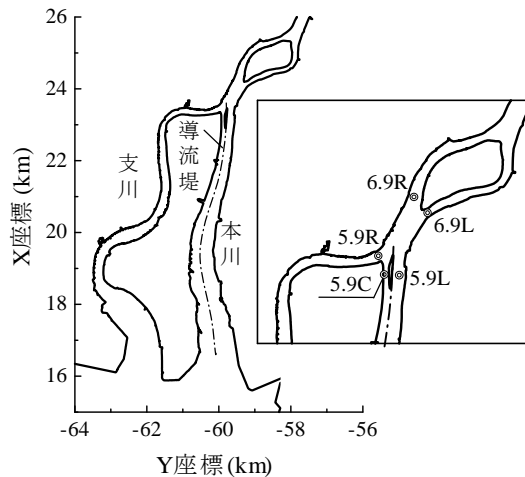


図 1 研究領域

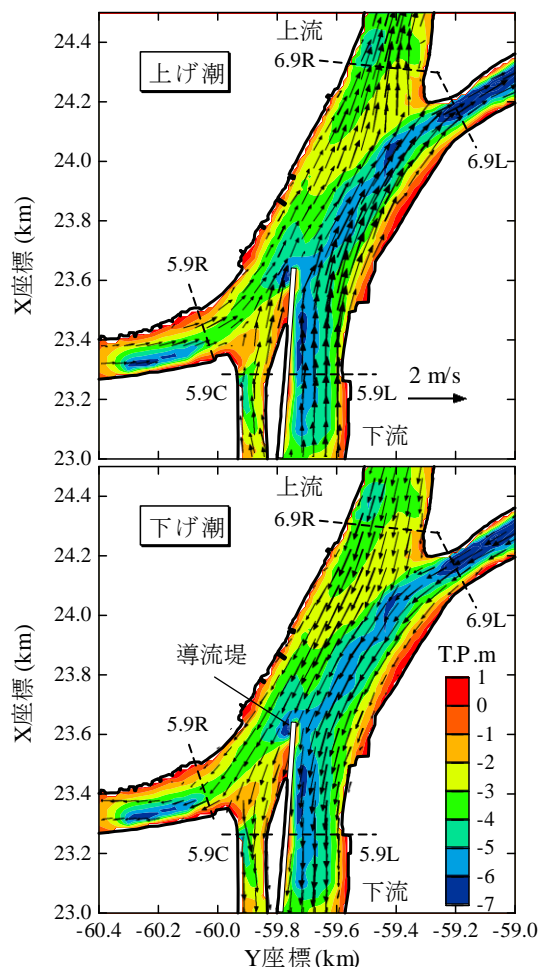


図 2 河床標高と水深平均流速

キーワード 感潮河道, 分岐合流, 三次元流動, シミュレーション, 流量分配

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL:042-677-1111

は浅かった. 一方, 下流は 5.9L が 5.9R に比べ川幅は広く, 水深が深かった. 5.9C は浅くて狭い水路であった. また, 滞筋は 5.9L から 6.9L に向かって形成されていた.

上げ潮の流速は, 下流において 5.9R や 5.9C よりも 5.9L の方が, 2~3 倍大きく, 上流では 6.9R の方が 6.9L よりも流速が約 1.5 倍大きかった. 下げ潮でも, 6.9R から 5.9L にかけて強い流速が見られ, 主流と滞筋が一致していないようにみえる.

4. 流量分配

図 3 に水位, 流量, 断面積比・流量比の時系列を示し, また図 4 に流量ピーク時刻 (8 時, 13 時) の配分を模式的に示す. 比は全断面積 (流量) に対する支川断面積 (流量) の占める割合とした.

上流では, 上げ潮時に 6.9R のピーク流量が約 1200 m³/s であるのに対し, 6.9L では約 700 m³/s であり, 6.9L の流量比は約 40 % となった. 下げ潮は継続時間が長いため流量は小さくなるが, 流量比は約 40 % で上げ潮と同様であった. ここで 6.9L の断面積比は干潮時に約 60 %, 満潮時に約 40 % と時間的に変化し, 水位が低いときほど 6.9L の分担率は大きくなる. 単純な直線水路であれば, 断面積比が変化すれば流量比も変化するが, 対象領域では 6.5 km 付近の水路床が複断面形状になっており, 平面的に蛇行しているため, 常に 6.9L が流れにくい状況であると推測される.

一方, 下流では, 上げ潮時に 5.9C+5.9L のピーク流量が約 1700 m³/s であるのに対し, 5.9R では約 450 m³/s であり, 5.9R の流量比は約 20 % となった. 断面積比は約 30 % であり, 両者は時間的にほぼ一定であった. つまり, 5.9R の流量比は常に断面積比を下回っており, 5.9R に水が入りにくい. この理由として, 当該領域の地形だけでなく, 下流の地形も影響していると考えられる (図 1). 5.9L の下流は川幅が広く直線的であるのに対し, 5.9R の下流は川幅が狭く, 閉塞気味になっていると推測される.

上げ潮時の流線を本川と支川で別々に表示すると (図 5), 5.9L の流線は左岸の滞筋に沿って 6.9L に流入する成分と, 滞筋を乗り越えて 6.9R に流入する成分に分かれていた. 5.9R の流線はらせん状に旋回し, 右岸から離れずにほとんどが 6.9R に流入していた. これにより, 6.9R の流量が 6.9L の流量を上回っており, 6.9L の流量は 5.9L に大きく依存していると推測される.

以上の三次元流動シミュレーションにより, 感潮河道の分岐合流部では, 湾曲の地形と断面積比, 下流領域の地形などが影響して, 複雑な流況になっていることを明らかにした.

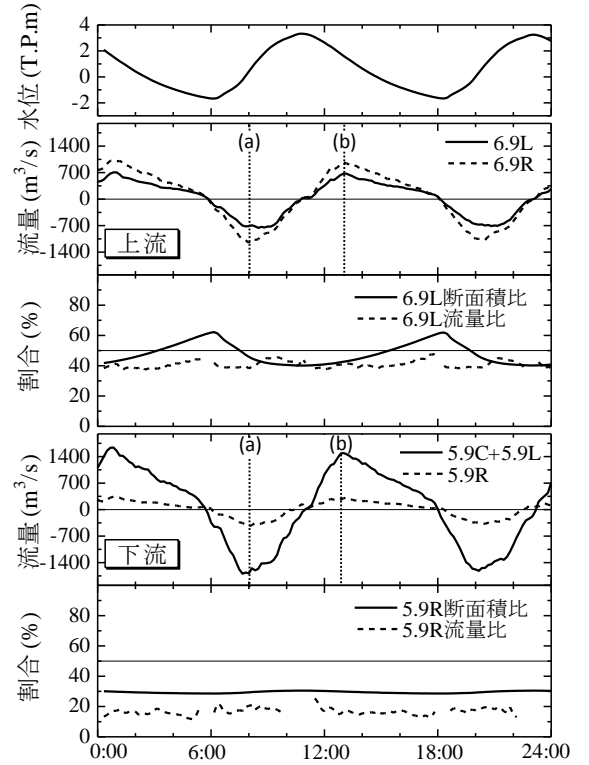


図 3 水位・流量・断面積比・流量比の時系列変動

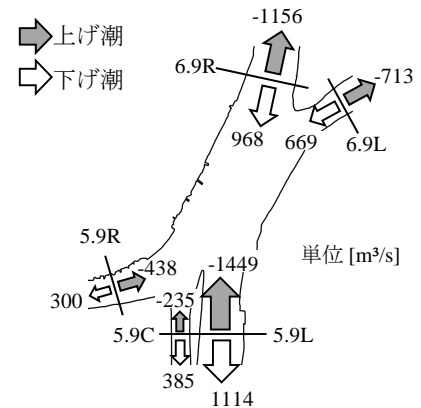


図 4 上げ潮 (a)・下げ潮 (b) ピーク時流量

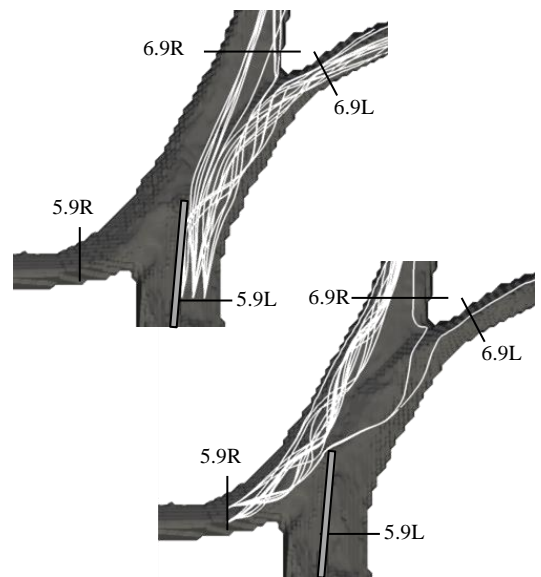


図 5 上げ潮ピーク時の流線