

国土防災技術株式会社 松下 卓
○大野 亮一
吉田 聡司
瀧口みづほ

1. はじめに

2次元氾濫シミュレーションは従来、離散化に差分法が多く用いられてきた。差分法と有限要素法のもっとも大きな違いは、前者は「構造格子」のみを対象とし、後者は「非構造格子（自在格子）」が利用できるという点である。メッシュ作成の自由度が高いことは、境界条件や構造物など複雑な形状をシミュレートするとき有利となる。ここでは、流れを鉛直方向に積分した浅水流問題に有限要素法を適用し、特にメッシュ形状の違いが計算結果に及ぼす影響を、仮想河川と実流域の事例結果を報告する。

2. 方法

ここでは、構造格子も差分法ではなく、非構造格子と同様に有限要素法による計算とした。なお、時間刻み幅などの影響を取り除くため、計算はすべて定常計算である。

2.1. メッシュ形状の違いが強く影響する例（仮想河川への適用）

図1は、“し”の字形流路で、横断面中央が凹地になった仮想河川である。川幅は100m、上から3000m³/sの定常流入を与えた計算結果を示した。曲線流路では、構造格子は境界線をなめらかに表現できず凹凸を有する一方で、非構造格子では曲線に沿ったなめらかな境界を作成できる。従来から、境界に凹凸があると水頭損失が発生するとの指摘があり、ここでの結果もそれを裏付けるものとなった。非構造格子では、水面等高線、流速等値線ともになめらかなものとなったが、構造格子では境界付近で生じた乱れが流れの中央部まで影響を及ぼしている部分もみられる。また、上流端の水面高も非構造格子が16.30mであるのに対し、構造格子では16.45mとなっており、0.15mの水頭損失が生じている。構造格子サイズは、10x10mの等間隔格子である。

2.2. メッシュ形状の違いが影響しない例（実流域への適用）

図2は、A流域の北部突端から、200m³/sの定常流を流入させたものである。流水は当初南下した後、下辺境界にて本川に合流し、西に流下する。下辺境界は本川の急崖をなす流路をなぞったため蛇行した形状となり、構造格子では計算精度に悪影響があるのではないかと推測していたが、非構造格子とほとんど差がない結果となった。構造格子サイズは、10x10mの等間隔格子である。

3. 考察

影響する・しないの理由として、「凹凸のスケール」と「流速の大小」が強く関連していると思われる。仮想河川の流路幅100mに対し、A流域は最大で400m弱に達するため、メッシュサイズが10mであるから相対的な凹凸は前者が1/10、後者は1/40となる。また、流速をみても仮想河川はA流域の2倍程度の流速であり、境界の凹凸による乱れを受けやすい環境だったといえる。今回の数値実験から凹凸のスケールが領域全体の1/40、流速が2m/s程度以下であれば、境界の凹凸は全体の流れに影響しないというおおまかな目安が得られた。

(付記)

構造格子と非構造格子の中間に位置するものに境界適合格子がある。境界適合格子は、今回の仮想河川のような幅一定の単純な形状であれば、スムーズに境界形状を表すことができる。しかし、自由度が非構造格子より劣るためここでは検討に加えなかった。また、今回用いた有限要素法による浅水流のプログラムは、通常のGalerkin法による離散化であったため、ときに計算が発散するケースがあった。今後は風上差分と同じように上流の重みを勘案できるSUPG法などの適用を試みたい。

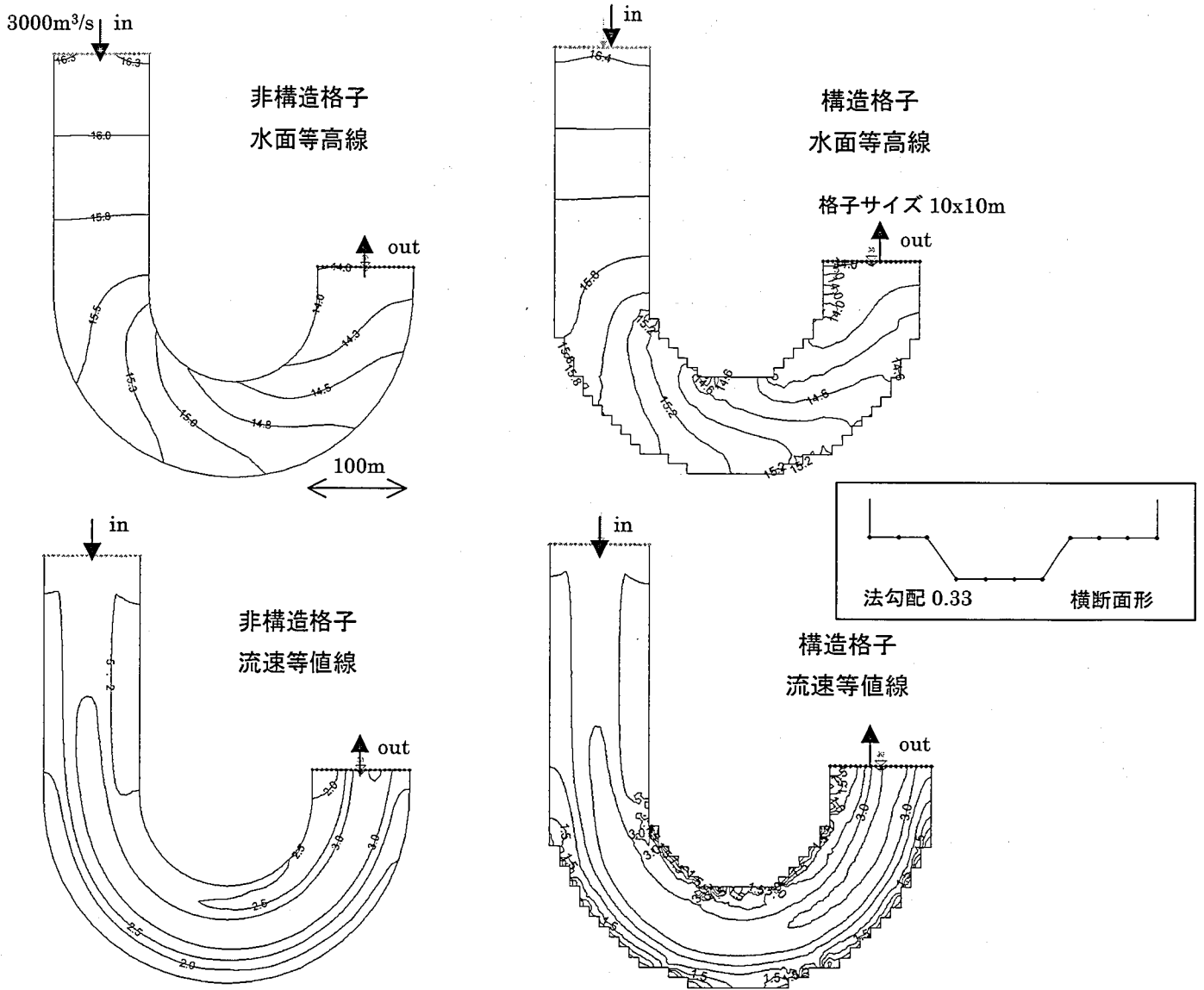


図1 仮想河川への適用例

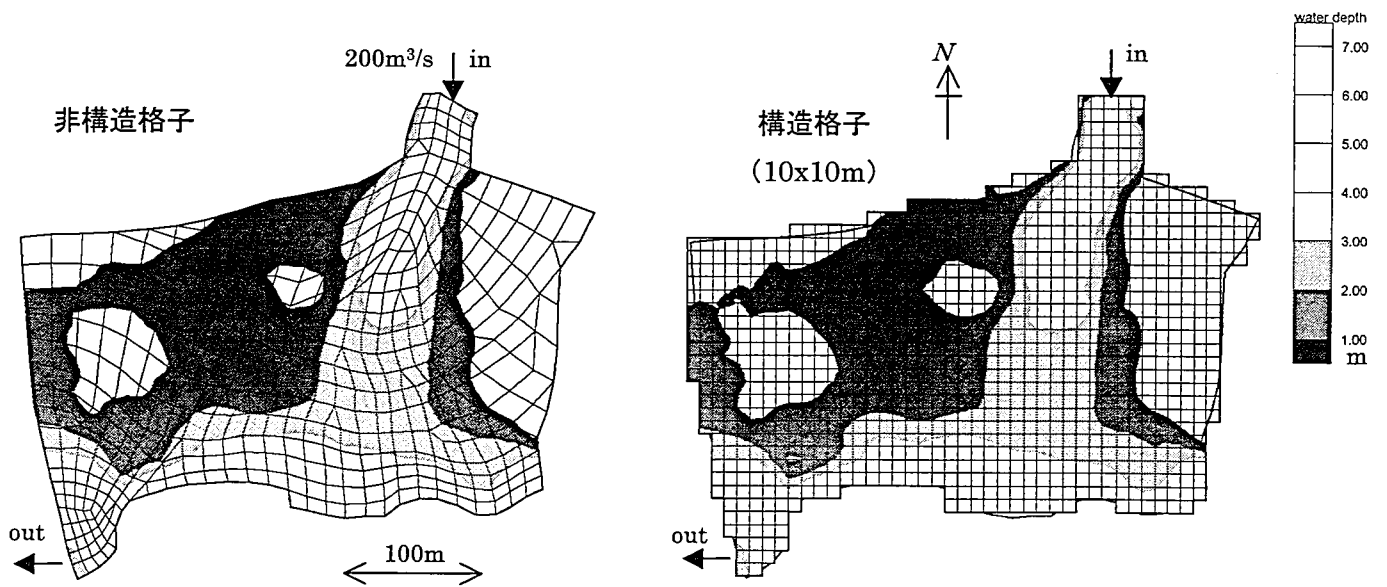


図2 実流域への適用例 (流動深 1.0m 以上を塗り潰し)