

東京工業大学 正 員 八木 宏

東京工業大学 正 員 灘岡 和夫

1. はじめに

浅い水域での乱流構造の特徴を反映した乱流モデルとして最近著者らが開発した SDS & 2HDモデルを、水平せん断流の例として側岸部に植生がある開水路流に適用し、せん断不安定による発生からマージングを経て最終的に平衡状態まで発展するまでの水平大規模渦の発達過程をシミュレートし、その結果を既存の室内実験の結果を比較することで SDS & 2HDモデルの妥当性を検証することを試みた。

2. 計算概要

今回の計算で用いている SDS & 2HDモデルとは現象の水平スケールにくらべ水深が十分浅い場における乱流現象を、平面2次元的な水平大規模渦運動と水深スケール以下の3次元的な乱流運動に現象をスケール分離して考えるもので、前者については基礎方程式を数値計算することで直接その挙動を解き、後者については乱れエネルギーの生成・輸送・散逸過程としてモデル化するというものである。ここでは、紙面の都合モデルの詳細は省略するが、詳しくは文献1)-4)を参照されたい。また、計算条件は、辻本・北村⁵⁾によって行われた室内実験のうち、水路幅40cm、水路床勾配 1.65×10^{-3} 、平均水深4.38cm、植生幅12cmのケースである。

3. 計算結果

図-1, 2に示したのが、計算開始から15, 24, 60秒後における流速ベクトル及び渦度の空間分布である。流速ベクトルを見ると、まず初期($t=15s$)において植生境界付近に流速の揺動が発生しており、それが時間とともに増幅し、 $t=60s$ にはかなり揺動に成長していることがわかる。また、渦度の空間分布を見ると、渦度場には流速ベクトルの揺動の対応して渦度の集積した領域(以後渦塊と称する)が発生しており、この渦塊が $t=15s$ には4つ、 $t=24s$ には3つ、 $t=60s$ には2とマージンを繰り返しながらその影響範囲を拡大させていく様子がわかる。 $t=60s$ 以降については、流速分布、渦度分布ともにその基本的な分布パターンの変形が見られなくなり、渦度の空間分布パターンがある速度で流下方向に移動するだけの状態になる。このことは、渦塊がある程度以上成長すると、それ以上はマージングを起こさない安定な渦列が形成され、せん断層厚の発達 が止まり平衡状態に達する、という非常に興味深い事実を示すものである。図-3は、その時の水深変動量の空間分布を示したものである。これをみると、先ほどの渦塊の中心付近には低水深領域が形成されており、これが渦塊とともに流下方向に伝播することがわかる。図-4は、図-3の $t=60s$ 結果から水路横断方向各位置における水深変動の標準偏差を算出しそれを辻本・北村⁵⁾の実験値を比較したものである。これを見ると、その値のレベルや変動のピークが非植生域側に現れることなど実験結果の特性をよく表している。図-5は、平均流速の横断分布を実験と計算とで比較したものであるが、これを見ると計算結果は渦塊の成長とともに平均流速分布の平滑化が進み、流速場が平衡状態に達した $t=60s$ では辻本・北村⁵⁾の実験結果とかなり良い一致を示していることがわかる。

4. おわりに

著者らが最近開発した SDS & 2HD モデルに基づいて、側岸部に植生を有する河川における浅い開水路水平せん断流を対象として、水平大規模渦の発生発達過程とそれに伴う運動量の水平混合過程の数値シミュレーションを行った。その結果、これまで可視化などによってその存在が指摘されてきた、植生境界付近に発生する水平大規模渦を数値計算上で再現することに成功し、水深変動の特性や平均流速の横断分布等が実験値とよく一致することが確認された。

<参考文献>

- 1) 灘岡和夫・八木 宏: 東京工業大学土木工学科研究報告, No. 45, pp. 43-56, 1992.
- 2) 灘岡和夫・八木 宏: 土木学会論文集(投稿中).
- 3) 灘岡和夫・八木 宏: 東京工業大学土木工学科研究報告, No. 46, 1992.
- 4) 灘岡和夫・八木 宏: 土木学会論文集(投稿中).
- 5) 辻本哲郎・北村忠紀: 水工学論文集, 第36巻, pp. 273-28

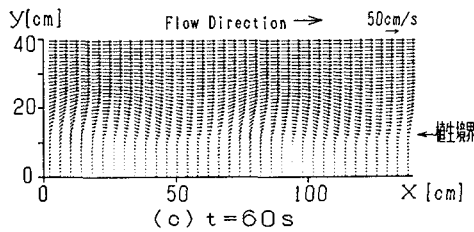
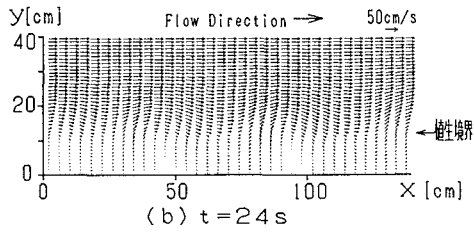
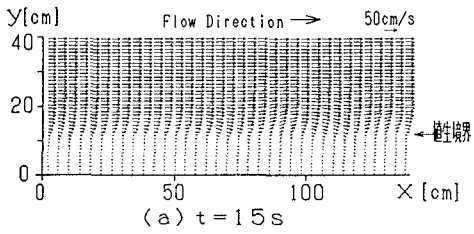


図-1 流速ベクトル

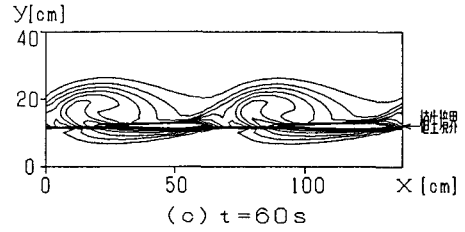
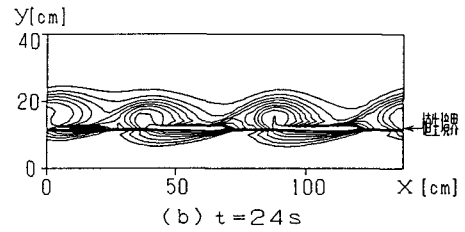
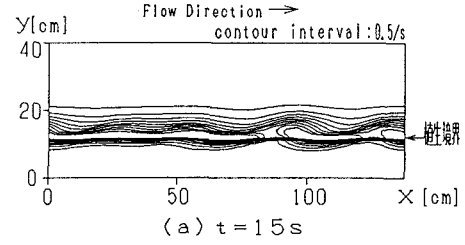


図-2 渦度の空間分布

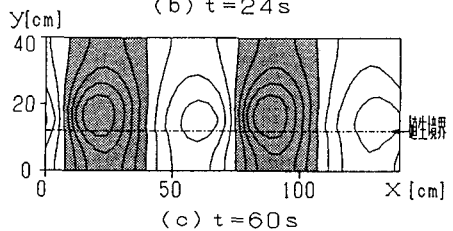
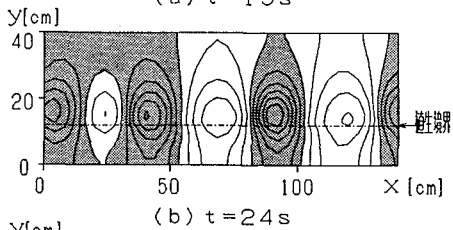
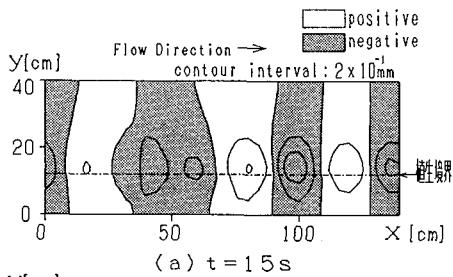


図-3 水深の空間分布

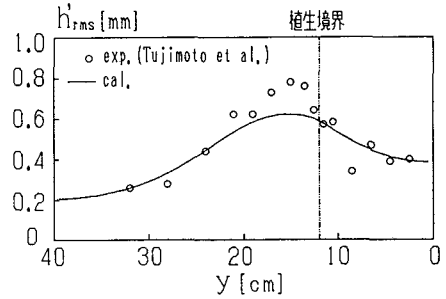


図-4 水深変動の標準偏差

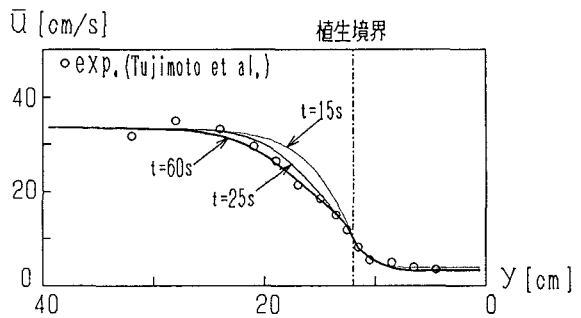


図-5 平均流速分布