

# 画像解析による傾斜サーマルの 流速ベクトル算出と数値解析との比較

水工学研究室 高木 正徳  
指導教官 福嶋 祐介

## 1. はじめに

斜面上にある固体粒子が何らかの原因で浮遊すると、重力の効果により斜面方向に流動し傾斜サーマルを形成する。傾斜サーマルは、流下に従い渦運動を伴うため複雑な流動特性を示し、未だ十分な解明がなされていない。従って自然現象などと密接に関わっている傾斜サーマルの流動特性を明らかにすることは工学的に重要である。

そこで、本研究では、保存性傾斜サーマルについて実験と理論的な検討を行う。実験では、周囲流体に淡水を用い、流入流体にはプラスチック粒子で可視化した塩水を用いて二次元的に傾斜サーマルを再現し、流下速度・最大厚さの測定を行う。また、画像解析により、サーマルの内部特性として流速ベクトルを求める。これらの実験値と数値解析結果を比較・検討する。

## 2. 実験

二次元傾斜サーマルの実験装置は、傾斜角  $30^\circ$  の水槽で、水路長 200cm、高さ 100cm、幅 30cm の矩形アクリル製水槽に幅 15cm のアクリル板を  $30^\circ$  に固定したものをを用いた。流体の流入方法は引き上げ式のゲートを採用し、塩水の濃度は 1%、3%、5% の 3 種類について実験を行った。また、このときのビデオ画像を記録し、それを画像解析することによって流速ベクトルの算出した。

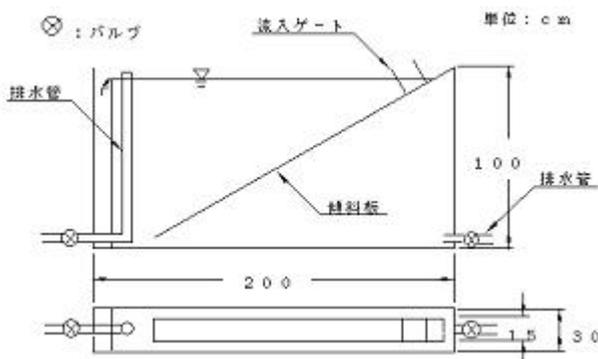


図 1 実験装置

## 3. 数値解析

傾斜サーマルの数値解析モデルとして  $k$ - $\epsilon$  乱流モデル、偏微分方程式の離散化には SIMPLE 法を用いた。基礎方程式として、連続式、 $x$  方向運動方程式、 $z$  方向運動方程式、拡散方程式、乱流運動エネルギーの方程式、分子粘性逸散率の方程式を用いた。

## 4. 実験結果と数値解析結果の比較

実験値を数値解析結果と比較した。傾斜サーマルの流動特性である流下速度については、実験値は概略的には数値解と一致した。初期濃度が大きくなると、流下速度が大きくなり、流下距離が大きくなるとほぼ一定値になる傾向は一致した。最大厚さでは、数値解析解が実験値とほぼ一致し、実験の挙動を再現できた。初期塩分濃度 1% の場合、流下距離 80cm 以降で実験値が小さい値となっている。これは、数値解析で仮定した初期の流動状況と実験での初期流動形態が一致しなかったためである。また、最大濃度を求める基準濃度に問題があったためである。

内部特性として流速ベクトルについて、数値解と測定値を比較した。流速ベクトルの測定結果より、傾斜サーマルの内部では、底面付近の流下方向流速ベクトル、フロント部での巻き上げ流速ベクトル、後部での巻き込み流速ベクトルの 3 つに大別された。これらの流速ベクトルは、数値解析結果によってもかなり再現できた。流速ベクトルの最大値は、先端部ではなく底面中央部辺りにあり、流下距離が大きくなることによって、徐々に後方へと移行してゆく。実験により観察された、流下距離に対する流速ベクトルの変化、前方での巻き上げベクトル、後部での巻き込みベクトル、底面付近での流下方向流速ベクトルの発達も数値解析により再現できた。

## 5. 結論

流下速度は流下距離に対してほぼ一定となった。ただし、流下距離 60cm までの範囲では数値解は実験値を良好に再現できなかった。流下距離 60~120cm では、両者は良好に一致した。

最大厚さは、流下距離に対してほぼ一次関数的に増加していることなど、その変化の特徴が数値解析により良好に再現できた。

流速ベクトルは、実験により見られた底面付近流下方向ベクトル、フロント部での巻き上げベクトル、後部での巻き込みベクトルなどの特徴が数値解析でも再現できた。流下距離が大きくなるに従って、流速ベクトルの最大値が、先端部から中央部へ、そして後方部へ移動する様子が良く再現できた。

## 参考文献

衛藤俊彦・福嶋祐介(2002):  $k$ - $\epsilon$  乱流モデルによる保存性傾斜サーマルの数値解析、水工学論文集、46、1043-1048。

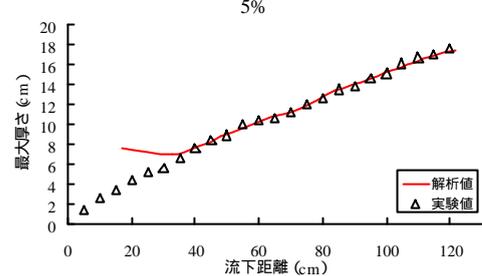
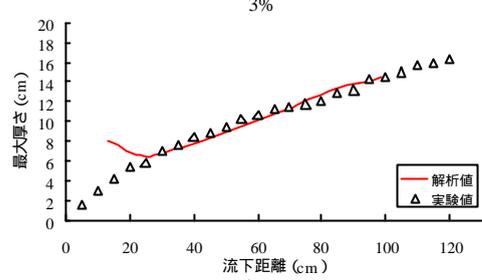
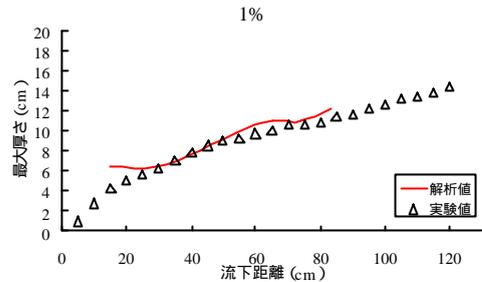
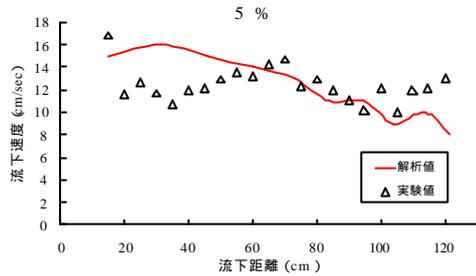
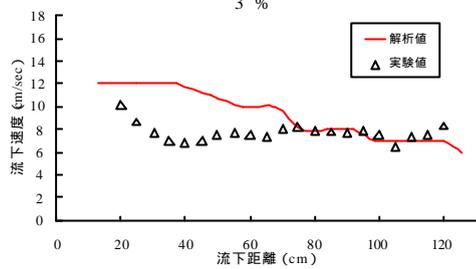
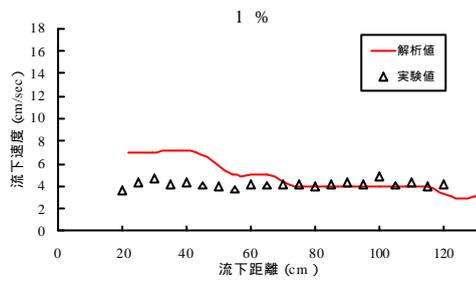


図2 流下速度の実験結果と数値解析比較

図3 最大厚さの実験結果と数値解析比較

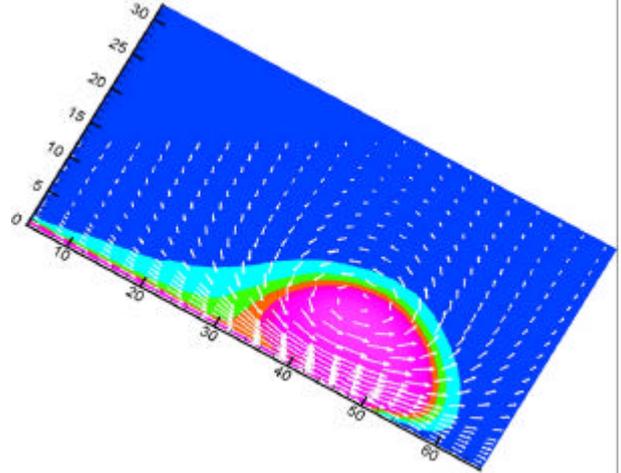
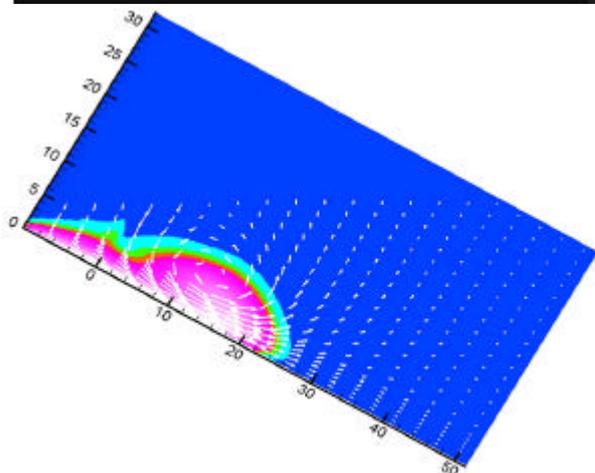
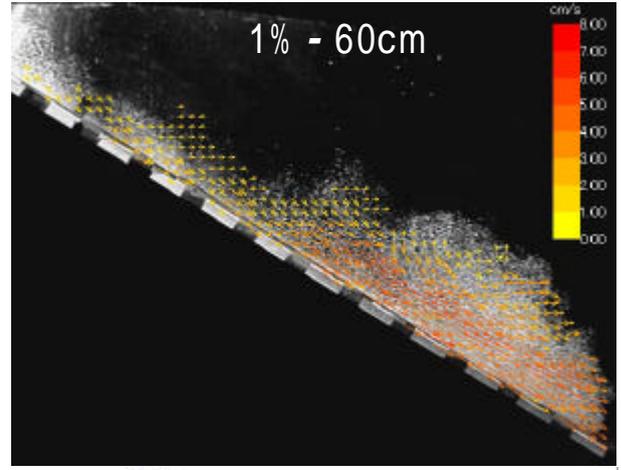
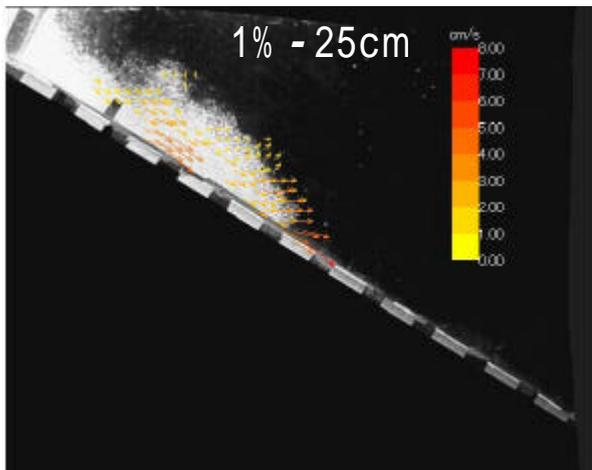


図4 流速ベクトルの実験結果と数値解析比較