

大規模乱流構造の可視化と解析

京都大学防災研究所 正員 上野鉄男, 宇民 正

① 流れの断層写真を連続的に撮る可視化技術と、撮影結果を計算機で処理する方法とを結合することにより大規模乱流構造を明らかにしようとした。このような実験方法と解析法が有効に利用できそうであるという展望を得たので、ここに報告する。

② 実験装置の概要を図-1に示す。カメラのシャッタースピードは $\frac{1}{4}$ sにセットされており、 $\frac{1}{2}$ 秒に1回の割合で連続撮影した。レンズの前で穴のあいた円板を回転させて、撮影されたトレーサーにTime markが入るようにした。トレーサーとしてはポリスチレンの粒子(粒径 $0.2 \sim 0.5$ mm)を用いた。このような撮影システムを $\frac{1}{3}$ 水深の平均流速とほぼ等速に平行移動させながら、スリット光源で照明された範囲のトレーサーの運動を連続撮影した。スリット光源は流れの端の水平断面を厚さ 5 mmにわたって照らし、カメラの移動と連動して照明される断層が上方かつ流下方向にほぼ等速に移動するようになっている。

実験に用いた水路は幅 40 cmで、勾配は $\frac{1}{1000}$ にセットされている。実験条件は、流量 1.87 l/s, 水深 41 cm, 断面平均流速 11.4 cm/s, Re は約 4700 , u_{*} は 0.9 cm/sである。

③ 写真-1は得られた結果の一つで、半水深の位置における水平断面内での流況を示している。図-2は写真から読み取り得るトレーサーの描くStreak lineをトレースしたものである。ただし、図化は写真-1のABCDの範囲(一辺 20 cmの正方形)について行った。このようなStreak lineを 0.5 mm間隔の格子点上の流速ベクトル分布に置き換えた上で計算機にインプットした。

④ 図-3はインプットされた流速ベクトルから画面全体の平均流下方向流速を差し引いたものを図化したものであり、図-4はそれらのベクトルをスムーズな曲線で包絡することにより流況の概要を示したものである。すなわち、これは画面内の平均流速で移動する系から見た流れのパターンである。図-5および図-6は図-3で示されているベクトル場のそれぞれ二次元発散と渦度の分布を示している。ここで、斜線の領域は $\text{div } V \geq 1$ あるいは、 $\text{rot } V \geq 2$ の範囲を示しており、点を施した領域は $\text{div } V \leq -1$ あるいは $\text{rot } V \leq -2$ の範囲を示している。

図-5と図-4とを重ねてみると、流線が発散している所で二次元発散は正の大きな値を示しており、流線が収束している所でそれは負の大きな値となっている。一方、図-6と図-4とを重ね合せてみると、渦運動を示す流線のある所で渦度の絶対値が大きな値を示していることがわかる。

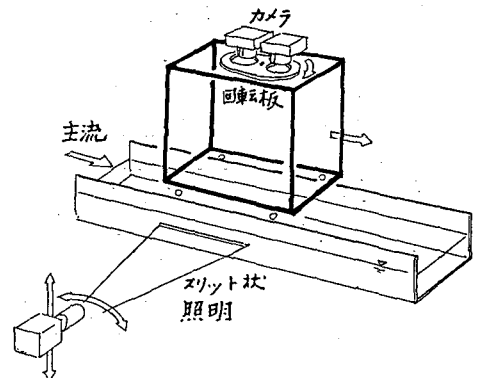


図-1 実験装置の概要

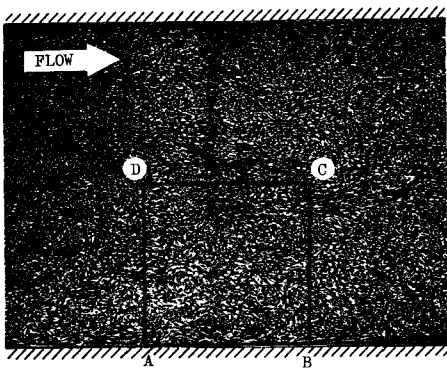


写真-1 水平断層写真の一例(半水深の位置)

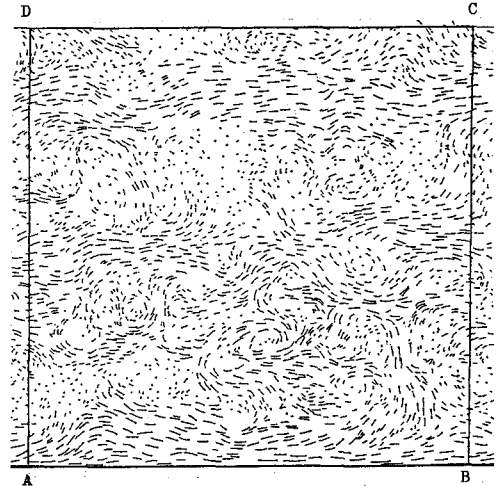


図-2 写真のトレーサの Streak line の図化

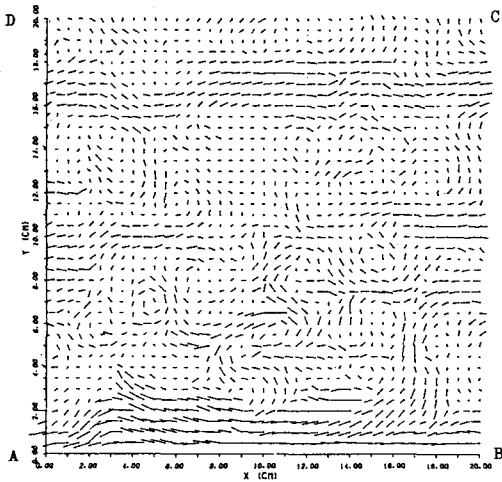


図-3 格子点流速ベクトルの分布

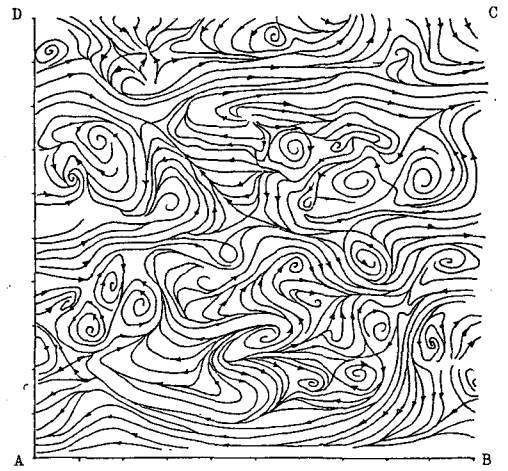


図-4 図-3の包絡線が形成する流況パターン

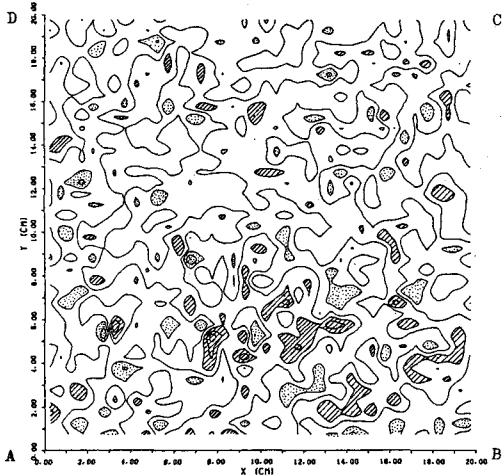


図-5 二次元発散数分布

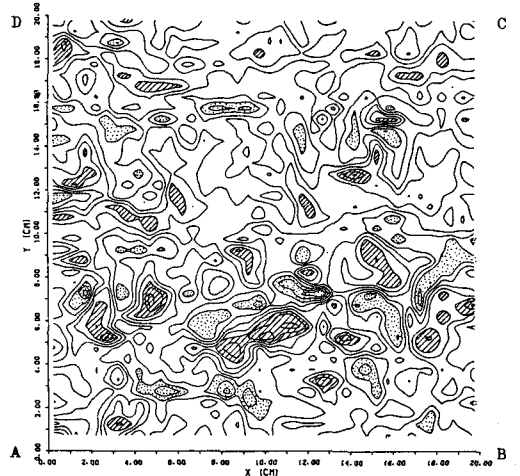


図-6 渦度分布