

開水路流れにおける乱れの Lagrange 的相関係数の特性について

京都大学工学部 正員 今本 博 健
森 本 組 正員 杉 村 篤 信
京都大学大学院 学生員 ○ 本 庄 正 史

開水路流れにおける乱れの Lagrange 的相関係数は、木工学上の諸分野で問題とされる乱流拡散現象と密接な関係をもっており、その特性を解明することはきわめて重要な問題であるが、従来において、主として Lagrange 的乱れ速度の計測の困難さのため、Lagrange 的相関係数の特性が直接追求されることはほとんどなかった。本研究においては、開水路流れの自由表面上を浮流する団粒子トレーサの運動軌跡を写真観測することにより、開水路流れにおける乱れの Lagrange 的相関係数に関する二、三の特性について、実験的に解明しようとするものである。

1. 実験装置および方法

実験水路は、長さ 10 m、巾 25 cm、深さ 35 cm のビニール樹脂製滑面直線水路であって、路床こう配は $1/500$ に設定されている。団粒子トレーサとして、直径 10 mm のパラフィニ球（比重 0.87）を用い、精密写真測量用カメラによるストロボ撮影によって、トレーサの運動軌跡の計測を行った。なお、本研究においては、粒子位置の分散の計測に対しては、0.5 秒ごとのフィルム撮影を、また、Lagrange 的乱れ速度の計測に対しては、0.05 秒ごとの乾板撮影を用い、それぞれについて、自由表面直上に設定されたスケールとの比較により、レンズ収みなどの誤差を補正した。

2. 実験結果および考察

分散計測およびそれより計算される乱流拡散係数、相関係数の計算結果の一例を Fig. 1 に示す。この図に見られるように、開水路流れにおける乱れの Lagrange 的相関係数は、従来よりよく用いられている指数関数形によって与えられる、かなり顕著な周期性の存在が認められる。

開水路流れの乱れにおける周期性の存在については、すでに、総圧管式流速計による乱れ計測において、Raichlen and Ippen¹⁾ が指摘しているが、流速計の固有振動などによるものとして、従来においては、ほとんど注目されていない。

本研究においては、開水路流れの乱れにおける周期性の存在を明確にするため、

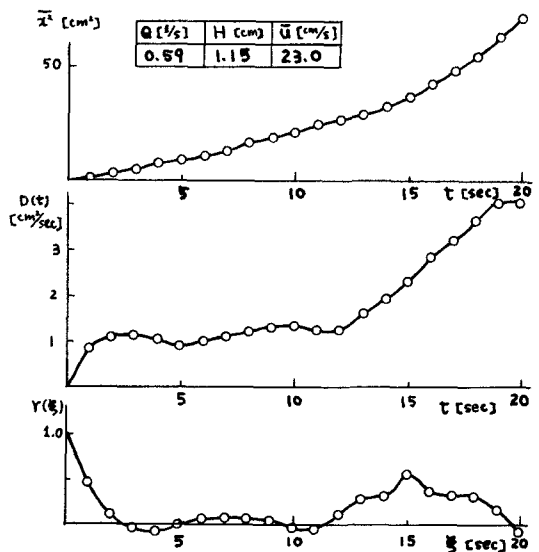


Fig. 1 The Relation between Variance, Dispersion Coefficient, Lagrangian Correlation Coefficient and Time

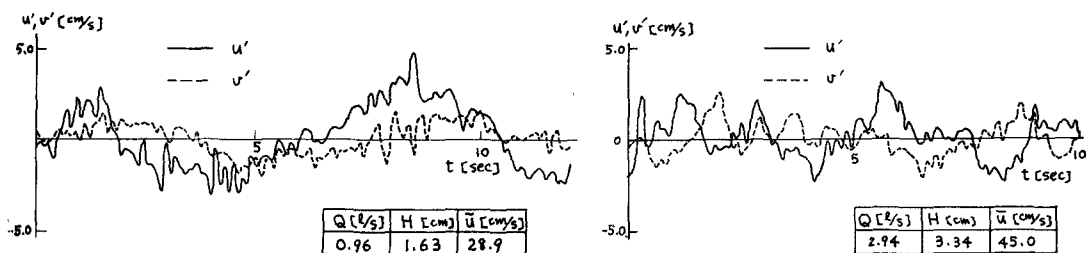


Fig. 2 Lagrangian Turbulent Velocity

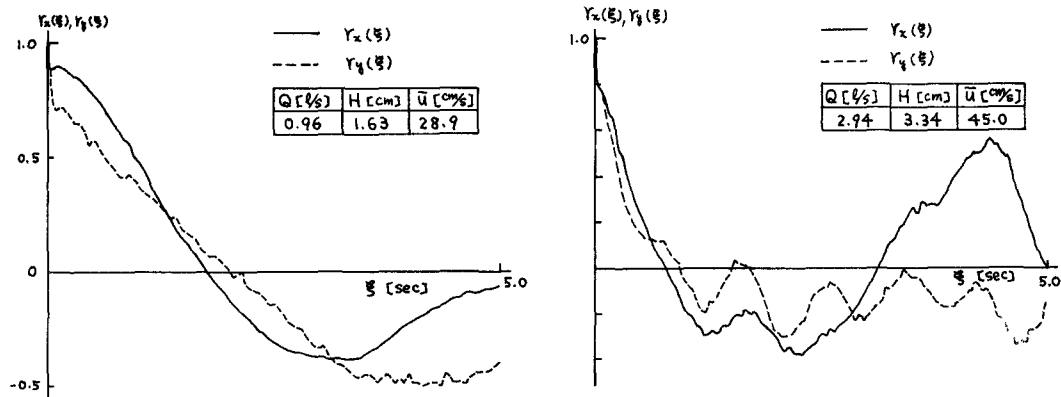


Fig. 3 Lagrangian Correlation Coefficient

り精密に写真計測を行ない、直接的に Lagrange 的乱れ速度の計測を行った。すなわち、トレーサーの 0.05 秒ごとの変位量より、0.05 秒ごとの Lagrange 的平均速度を求め、次式によって相関係数を計算した。

$$R(\tau) = \left[\sum_{i=1}^{N-\tau} (u_i - \bar{u})(u_{i+\tau} - \bar{u}) \right] / \left[\sum_{i=1}^{N-\tau} (u_i - \bar{u})^2 \cdot \sum_{i=1}^{N-\tau} (u_{i+\tau} - \bar{u})^2 \right]^{1/2}, \quad (u=0, 1, 2, \dots, N-1)$$

ここに $\bar{u}$ は平均速度、 N はデータの総数である。

流れ方向および横方向の Lagrange 的乱れ速度の計算結果を示すと、Fig. 2 のようである。Fig. 3 は、Fig. 2 の乱れ速度より計算した相関係数の計算結果であるが、これらの図より分散の計測結果より推定された周期性の存在が明確となる。

乱れ概念において、乱れの不規則性ほっとしても基本的な特性であるが、本実験結果に見られる規則性の存在は、開水路流れにおける乱れを取り扱う場合、きわめて重視されるべき現象であって、開水路流れに特徴的なものか、あるいは、本実験装置の特異性にもとづくものか、現段階においては早急に結論を下すことは不可能であって、より詳細な研究を重ねる必要があると考えられる。

参考文献

- 1). A.T. Ippen and F. Reichle; "Turbulence in Civil Engineering: Measurements in Free Surface Streams.", Proc. A.S.C.E. Jour. Hy. Division, Hy. 5 (1957)