

東北大学大学院 学生員 ○神保 誠二
東北大学工学部 正 員 長尾 昌朋
東北大学工学部 正 員 沢本 正樹

1. はじめに

波状段波が形成される砕波直後の領域は、現象が強い非定常でかつ大量の気泡が混入しているため、点計測による流速場の測定は困難である。このような領域の流速場の測定には、可視化手法を利用した方法が適しているが、1つの手法のみでは可視化画像によっては精度の低下がみられる。そこで本研究では、流速場の測定法としてトレーサ追跡法と相関法を取り上げ、可視化画像による各々の手法の精度を検討する。さらに、それらを可視化画像によって使い分け、より高精度な流速場測定法の開発を試みる。

2. 可視化手法を用いた流速測定法

2次元的な流速場を測定する方法として、流体内に注入されたトレーサの挙動から流速場を推測する方法が考えられる。そのトレーサの追跡方法にはいろいろな手法が存在するが、ここでは同じ可視化画像に対してトレーサ追跡法と相関法を用い、可視化画像の特徴が流速場の測定の精度に対してどのように影響するか考察する。

(1) トレーサ追跡法

個々のトレーサ粒子に着目して、そのトレーサ粒子の軌跡から流速を推測する(図1)。連続する4画面を使用し、移動距離、移動方向の分散が最小のものを同一のトレーサ粒子として選択する。個々の粒子に着目するため、検索範囲に多数のトレーサ粒子が存在すると実際とは異なるトレーサ粒子を選択する可能性が増え、精度が低下すると考えられる。つまり、トレーサ密度が小さい場合に有効であると考えられる。

(2) 相関法

いくつかのトレーサ粒子を空間的なパターンとしてとらえ、次の画面の同じパターンへトレーサ粒子が移動したと考え、流速を推測する(図2)。パターンの一致の判定に空間的な相互相関関数を使用し、値が最大となった地点を対応するものとする。トレーサの密度が小さい場合には空間的なパターンが形成できないため、精度が低下すると考えられる。つまり、トレーサ密度が大きい場合に有効であると考えられる。

(3) 精度の比較

可視化画像の特徴に対する流速測定精度を比較するためには、トレーサ粒子の直径、間隔、速度を変化させた実験を行う必要がある。そこで、円形の平板にトレーサ粒子を描き、それを回転させたものをビデオカメラで記録した。図3、図4にトレーサ粒子の平均間隔に対するトレーサ追跡法と相関法の測定精度を示す。ここでは、得られた流速の総数に対する正しい流速の数の割合を精度として使用している。この図から上で述べたように、トレーサ追跡法は平均間隔が大きい場合に精度が良く、相関法は平均間隔が小さい場合に精度が良いことがわかる。図5、図6にトレーサ粒子の平均移動速度に対する測定精度を示す。両手法とも速度が平均移動距離が大きくなると精度が低下する。この図には示していないが、トレーサ粒子の直径は精度に対してそれほど影響を与えていないことがわかった。本実験からトレーサ追跡法と相関法とをトレーサ粒子の平均間隔で30ドットを境界として使い分けると、精度の良い流速測定が可能となる。

3. おわりに

本研究では、可視化手法を用いた流速場の測定において、トレーサー法と相関法をトレーサ粒子の平均間隔で使い分けることで、流速場の測定精度を上げられることがわかった。

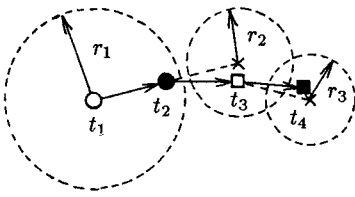


図 1 トレーサ追跡法の原理

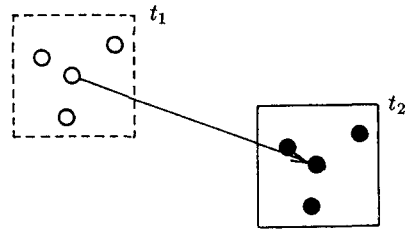


図 2 相関法の原理

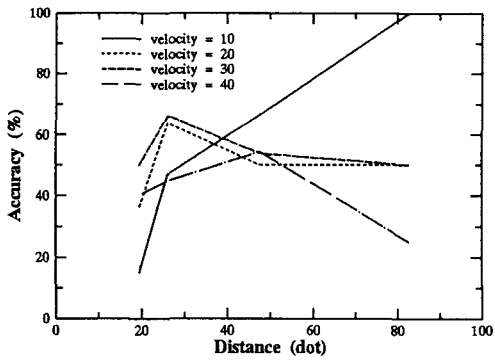


図 3 平均間隔に対する精度 (トレース法)

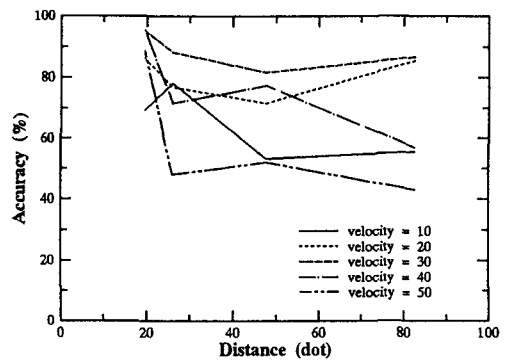


図 4 平均間隔に対する精度 (相関法)

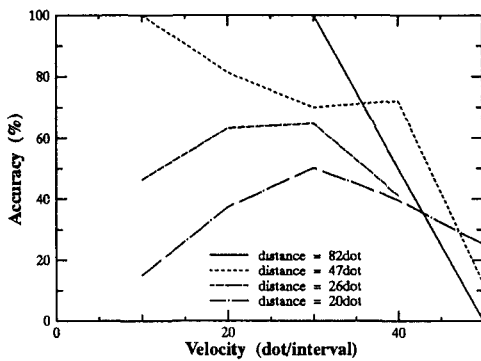


図 5 平均速度に対する精度 (トレース法)

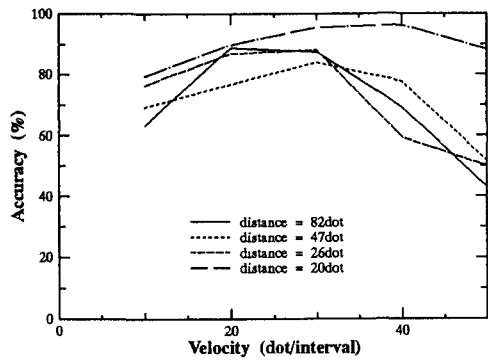


図 6 平均速度に対する精度 (相関法)