

令和5年度1月第3週 報告書

2024/1/16 報告書 No.42

M2 来代 勝胤

1 数値シミュレーションによる性能評価

1.1 一様流

改善点

- 粒子位置計算プログラムの修正
- レーザーシートの厚み変更：青色を 1.5 mm に変更

■ 流れ場

$$(u, v, w) = (250, 0, 0) \text{ [mm/s]}$$

■ シミュレーション時間

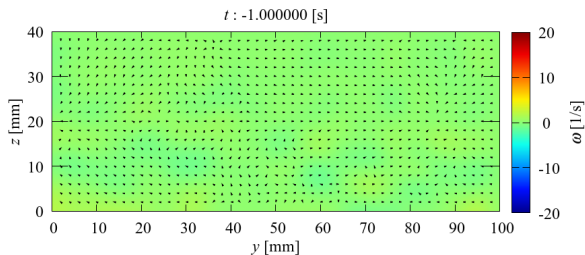
$$t = 5.5 \text{ [s]}$$

■ 粒子数密度

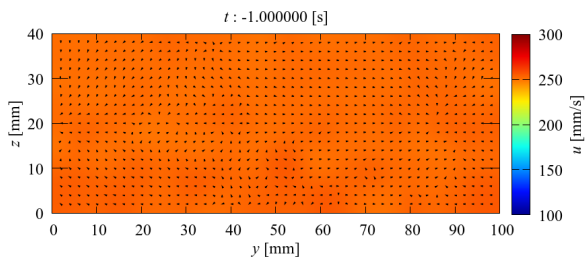
Table 1 Particle density

Case 1	$n = 3.0 \times 10^6$	[-/m]
Case 2	$n = 3.0 \times 10^7$	[-/m]
Case 3	$n = 3.0 \times 10^8$	[-/m]
Case 4	$n = 1.0 \times 10^7$	[-/m]
Case 5	$n = 2.0 \times 10^7$	[-/m]

■ 解析結果



(a) Velocity and vorticity



(b) Velocity

Fig.1 Calibrated image

1.2 数値評価

■ RMSE

Table 2 RMSE of velocity

	RMSE: u	RMSE: v	RMSE: w
Case 1	3.961	4.562	1.255
Case 2	2.030	3.182	1.253
Case 3	29.82	30.70	1.138
Case 4	3.052	3.790	1.219
Case 5	2.601	3.502	1.263

ただし, u, v, w は x, y, z 方向の速度成分である．
単位は [mm/s]

■ 予測される誤差量について

これまでの数値シミュレーションより, 粒子位置の検出および空間校正による $y-z$ 平面内の誤差はおよそ 0.2 pixel であることがわかっている．また, 粒子クラスタの生成の際に連なる粒子の数は 1 つ分の変動を持つことがわかっている．例えば, 厚み $T = 3\text{mm}$ のレーザーシートを主流速度 $u = 250\text{mm/s}$ で通過する粒子をフレームレート $f = 800\text{fps}$ で撮影するとする．そのとき, 粒子がレーザーシートを通過するフレーム数を Δn とすると,

$$\Delta n = \frac{T}{u} \times f = \frac{3}{250} \times 800 = 9.6$$

とあらわせる．すなわち, 実際に粒子を撮影する場合, 粒子クラスタは 8 および 9 個の粒子が撮影されるからである．そして, 粒子クラスタには長いクラスタ n_l と短いクラスタ n_s が存在することがわかる．このとき, 粒子クラスタのマッチングによる組み合わせは以下の 4 パターンが考えられる．

Table 3 Pair of particle clusters

(1)	n_{1s}	n_{2s}	フレーム差は正しく計算
(2)	n_{1s}	n_{2l}	フレーム差は 0.5 枚分増加
(3)	n_{1l}	n_{2s}	フレーム差は 0.5 枚分増加
(4)	n_{1l}	n_{2l}	フレーム差は正しく計算

添え字はレーザーシートの番号を表す．

したがって, 粒子クラスタのマッチングによるフレー

△差の誤差 δn は

$$\delta n = +0.5$$

となる．

また，粒子が1フレームごとに画像内を移動する距離は y 方向に 4 [pixel]， z 方向に 0 [pixel] 程度であることがわかっている．すなわち，マッチングした粒子クラスタ中心がそれぞれ ± 0.2 pixel，マッチング時に生じるフレーム差の誤差 δn によって y 方向に $4 \times \delta n = +2$ pixel の誤差が生じると考えられる．したがって，マッチング時に生じる y 方向誤差 δe_y ， z 方向誤差 δe_z は

$$\delta e_y = 2 \pm 0.2 \text{ [pixel]}$$

$$\delta e_z = \pm 0.2 \text{ [pixel]}$$

ここで，画像サイズと撮影範囲の比率を α とすると，画像の横幅 $w = 800$ pixel，撮影範囲の横幅 $W = 100$ mm であるから，

$$\alpha = \frac{W}{w} = 0.125 \text{ [mm/pixel]}$$

したがって，マッチング時に生じる誤差 δe_y ， δe_z は

$$\delta e_y = 2 \pm 0.2 = 0.25 \pm 0.025 \text{ [mm]}$$

$$\delta e_z = \pm 0.2 \text{ [pixel]} = \pm 0.025 \text{ [mm]}$$

とあらわすことができる．

また，一様流のとき，主流方向速度 u であるため，レーザーシート間距離 X を通過するのにかかる時刻を δt とすると，

$$\delta t = \frac{X}{u} = \frac{2.5}{250} = 0.01 \text{ [s]}$$

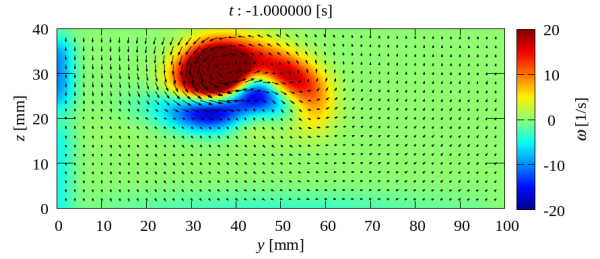
したがって，マッチング時に生じる誤差 δe から予測される速度誤差 δu は

$$\delta v = \frac{\delta e_y}{\delta t} = 25 \pm 2.5 \text{ [mm/s]}$$

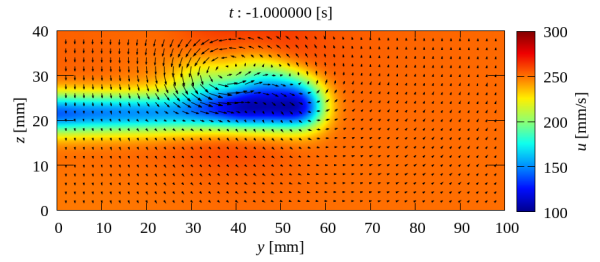
$$\delta w = \frac{\delta e_z}{\delta t} = \pm 2.5 \text{ [mm/s]}$$

2 三角翼モデル

■ 数値シミュレーション



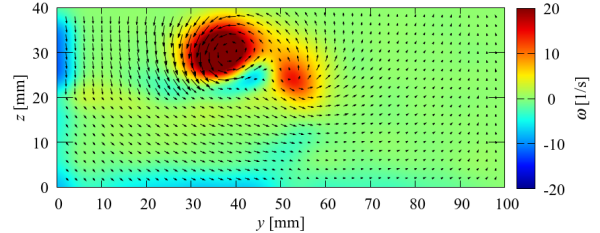
(a) Velocity and vorticity



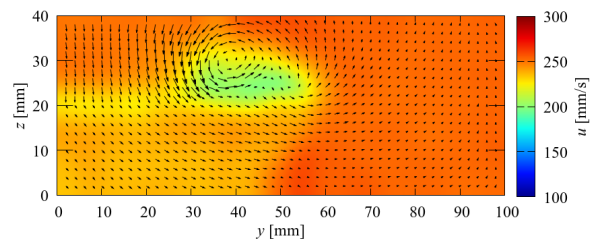
(b) Velocity

Fig.2 Delta wing : Numerical simulation

■ 解析結果



(a) Velocity and vorticity



(b) Delta wing : Analysis

Fig.3 Calibrated image