

1. はじめに 三次元表層水平噴流の平均的な取扱いに関しては既に報告した¹⁾²⁾。今回はその乱流特性について研究を行なった。

2. 実験装置及び実験方法 実験は4.7 m × 5.0 m × 0.5 mの実験水槽と1.0 m × 5.0 m × 0.5 mの貯水槽及び0.8 m × 1.0 m × 0.8 mの高水槽から構成された平面水槽を用いて行なった。放出口は5.0 cm × 5.0 cmの正方形である。初期平均流速は20 cm/sec ($Re = \bar{u}B_0/\nu = 10000$)とし、流速測定にはHot Film流速計を用いた。ここで、放出口の中心を原点とし、流下方向にx軸、水深方向にz軸、それらに直角にy軸とする。測定点は $x=50$ cm, $z=0$ cmのx-y面と $x=10$ cm, 30 cm, 50 cm, $y=0$ cmのx-z面である。データ処理に際して、サンプリング間隔は0.05秒、データ総数は2000個である。

3. 結果及び考察 図-1は $\sqrt{u^2}/\bar{u}_{max}$ と η (y , z を半値幅 b_y , b_z で無次元化したもの)との関係である。流れが増すにつれて乱れ強さはいくばく大きくなる傾向があり、ピークは最大流速勾配となる $\eta=0.85$ の付近に生じている。また、噴流軸上 ($\eta=0.0$) での乱れ強さは流れが増すにつれて大きくなる。 $x=10$ cmにおいて $\eta<0.5$ のときはポテンシャル・コア内であり、拡散領域に比べて乱れ強さがかなり小さいことがわかる。

図-2は $\sqrt{u^2}/\bar{u}_{max}$, $\sqrt{w^2}/\bar{u}_{max}$ と η との関係である。これも流れが増すにつれて乱れ強さが大きくなる傾向があり、噴流軸上の値も同様な傾向がある。また、 $x=10$ cmのポテンシャル・コア内では乱れ強さがやや小さいことがわかる。図-1と図-2より三次元表層水平噴流は、非等方性であるといえる。

図-3はReynolds応力と η との関係である。流れが増すにつれ相対値が大きくなる傾向があり、ピークは η が約1.0付近となった。 $x=50$ cmのx-y面, x-z面において同様な値となり、また噴流軸上において0とならないのは、比較的Reynolds数が小さな噴流であるため流れに揺らぎが生じているためである。ポテンシャル・コア内ではReynolds応力も小さい。

図-4は、次式で定義される U に関する積分特性時間である。

$$T = (1/\bar{u}^2) \int_0^\infty R(\tau) d\tau$$

ここでは、自己相関がはじめて負となる τ の値まで積分して求めた。流れが増すにつれ、全体的に大きくなる。また、 η が大きくなるにつれ積分特性時間も大きくなる。これは、渦のスケールが大きくなることと、平均流速が小さくなるためである。 $x=50$ cmのx-y面, x-z面において同じようなTime-scaleとなった。

図-5は、 U , W に関する積分特性時間である。 U 同様、流れが増すにつれ大きくなり、 η が大きくなるにつれて大きくなる。 U に比べやや小さいことがわかる。 U , V , W とも全断面において、 η が0.5より小さいときは

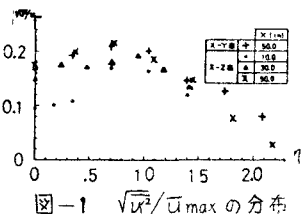


図-1 $\sqrt{u^2}/\bar{u}_{max}$ の分布

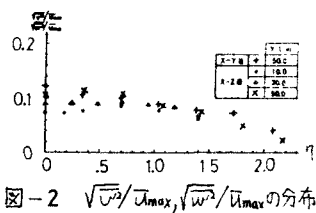


図-2 $\sqrt{u^2}/\bar{u}_{max}$, $\sqrt{w^2}/\bar{u}_{max}$ の分布

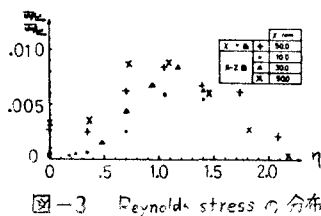


図-3 Reynolds stress の分布

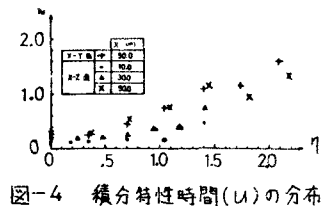


図-4 積分特性時間(U) の分布

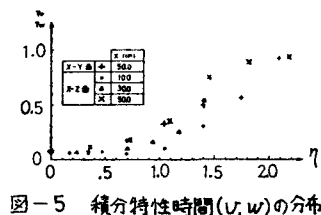


図-5 積分特性時間(U, W) の分布

ば一定である。また、ポテンシャル・コア内では、 u 、 w とも小さな値となる。

図-6は次式で定義される u に関するSkewness factorである。

$$S.F. = \overline{u^3} / (\overline{u^2})^{3/2}$$

η が0.7までは、Gauss分布の0に近い正・負の非対称性になり、 $\eta > 0.7$ からは各断面とも正の非対称となり $\overline{u^3} > 0$ が卓越する。また、Skewness factorは直線的に増大することがわかる。

図-7は v 、 w に関するSkewness factorである。噴流軸付近においても各断面とも正の非対称となり、 η が大きくなるにつれてSkewness factorは大きくなる。 $x=50\text{cm}$ の x - z 面においては周辺部にいくと再びGauss分布に近づく傾向がある。全般に、 v 、 w は u よりも正に非対称な確率分布となる。

図-8は次式で定義される u に関するFlatness factorである。

$$F.F. = \overline{u^4} / (\overline{u^2})^2$$

$\eta < 1.0$ まではGauss分布の3.0付近の値になり、 $\eta > 1.0$ となるとFlatness factorが大きくなることから分布形は尖り、平均流速付近に集中することがわかる。

図-9は v 、 w に関するFlatness factorである。 $\eta < 0.7$ のときは3.0付近の値になり、 $\eta > 0.7$ となるとFlatness factorが大きくなる。全体的に u よりも尖った確率分布となり、大きな変動がない。

図-10は $x=30\text{cm}$ の x - z 面における u のスペクトルである。 η が大きくなるにつれ、全体的にエネルギーレベルが小さくなり、高周波側においてエネルギー勾配が急になる傾向がある。低周波側においては、 η が大きくなるにつれエネルギーレベルが大きくなる。

図-11は $x=30\text{cm}$ の x - z 面における w のスペクトルである。 $\eta < 0.7$ までは同様なスペクトル形となる。 $\eta > 0.7$ においては η が大きくなるにつれてエネルギーレベルが小さくなり、高周波側においてエネルギー勾配が急になる傾向がある。 u のスペクトルよりも w のスペクトルの方がエネルギー勾配が緩やかである。

最後に、本研究に協力された元東北大学工学部助手松川正彦氏、なすびに4年生の長久保重利氏、半沢純氏に感謝致します。

＜ 参考文献 ＞

- 1) 岩崎敏夫・松川正彦・田中博通：表層水平噴流に関する研究，東北支部技術研究発表会，pp. 133～134，1977
- 2) 岩崎敏夫・田中博通：三次元表層水平噴流に関する研究，第24回海議論文集，pp. 524～528，1977

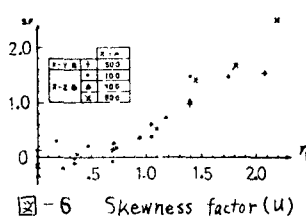


図-6 Skewness factor (u)

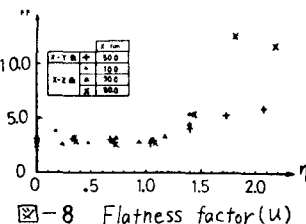


図-8 Flatness factor (u)

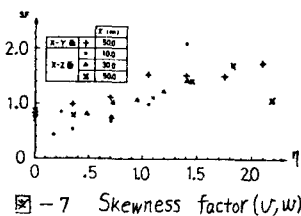


図-7 Skewness factor (v, w)

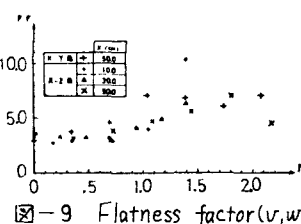


図-9 Flatness factor (v, w)

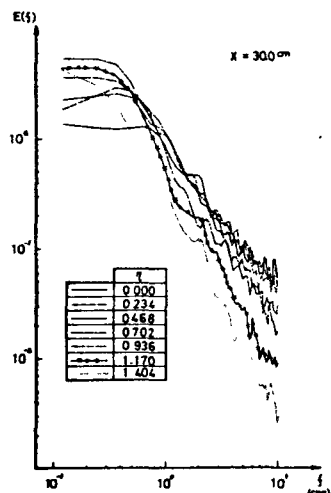


図-10 スペクトル (u) x - z 面

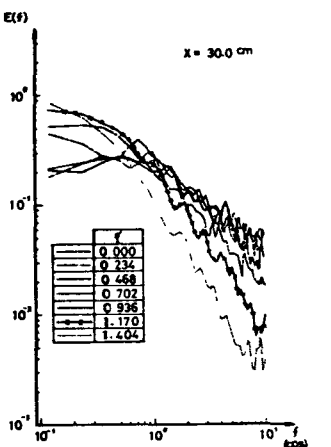


図-11 スペクトル (w) x - z 面