

九州大学 工学部 正員 ○後藤 俊一
九州大学 工学部 正員 橋 東一郎
九州大学 工学部 正員 小松 利光
九州大学 工学部 学生員 米田 哲哉

1. まえがき

近年、乱流における coherent な流れ構造、いわゆる秩序立った大規模渦動の存在が明らかにされて以来、活発な研究が境界層乱流や自由乱流、混合層流について行われてきた。しかしながら自由乱流の多くに見られる連行現象において組織渦が果たす役割についてはまだそれ程明らかにされていない。著者らは従来より2次元噴流・plumeの組織渦について研究を行ってきたが、今回 hot-film 流速計・圧力計による Euler 的計測ならびに可視化による空間的な多点測定を行うことにより組織渦の周期特性や空間特性について知見を得たので報告する。

2. 実験装置と方法

実験装置及び実験条件、そして Euler 的な計測については前報と同様なので省略する。一方、可視化測定は Run 4 の実験について行った。噴流流体をフルオレセインで着色し、水槽の両側面からスリット光を照射して VTR で撮影しており、表-1 に示すサンプリング位置とサンプリング時間間隔で噴流の境界の変位を読み取りをディジタイザを用いて行った。データ個数は一点につき $N=1024$ 個で、6 点を同時に計測した。

3. 実験結果とその考察

可視化測定から得られた噴流界面の変動間の相関関数の代表的な例を図-1 に示す。相関関数は一般的に振幅を減衰させながら振動しており、噴流界面の変動が強い周期性をもつことを示している。また二点間の距離が増大するにしたがい相関は弱くなり、peak の遅れ時間は増加していく。この二点間の距離を peak の遅れ時間で割って求めた組織渦の流下速度 V_v を噴出口の運動量 flux M_o と浮力 flux N_o で無次元化して図-2 に示す。 V_v は hot-film により測定された断面最大流速 U_m の約 0.5 倍であり流下とともにその値は 1.0 に近づいている。

噴流および plume の左右両側の組織渦の時間・空間的な機構を調べるため、左側の一点の波形に対する右側数点の波形の相関を求めた。図-3 に $X=10\text{cm}$ を中心とした相関係数を示す。(XL 10 * XL 10) の相関によると $t=0$ で 1 つの peak を示し、かなりの相関の程度を示しているが、少し時間遅れのあるところに、より強い peak が存在する。これは左右の各々の渦列の位相が左右の interaction によって決定されず、各々の side の条件によって決まってくることを意味している。一方、図-4 の (XL 30 * XL 30) の相関では $t=0$ の peak が最大値を示しており左右

Exp.	X (cm)	サンプリング 位置	t (sec)
1	5	3, 4, 5, 6, 7, L5	1/30
2	10	8, 9, 10, 11, 12, L10	1/30
3	15	13, 14, 15, 16, 17, L15	1/10
4	20	18, 19, 20, 21, 22, L20	1/10
5	25	23, 25, 27, 30, L20, L30	3/10
6	30	20, 25, 30, 35, L20, L30	5/10

表-1 サンプリング条件

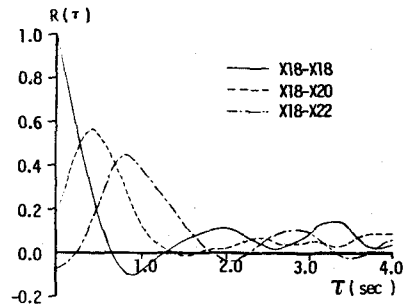


図-1 一般的な相関係数

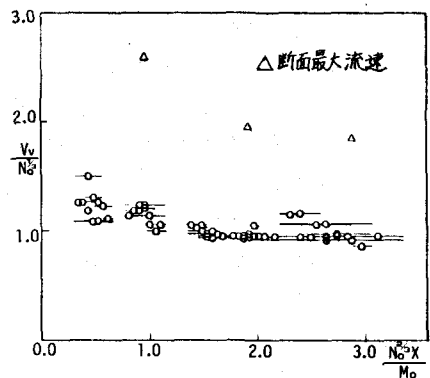


図-2 渦の流下速度

の界面が運動して変化することを示している。これは噴出口から離れると渦径が大きくなって左右の混合層が拡大するため互いに交叉して干渉し合い左右の渦列が独立に存在し得なくなるためである。その結果渦列の位相が新たに決定され、左右の界面変動は強い相関をもつようになる。つまり噴出口付近では独立した混合層が左右に一つずつ存在して渦が合体しながら成長するのに対し、噴出口から離れたところでは混合層が干渉し融合して一体化するわけで組織渦の機構特性が大きく異なっている。

次に hot-film 流速計・半導体圧力変換器より得られた変動成分 u, v, w, p の相関係数のうち代表例として Run 5 の $X=10\text{ cm}$ と $X=30\text{ cm}$ の自己相関係数を図-5, 6に示す。図-5の $X=10\text{ cm}$ における R_{uu}, R_{vv} は $T=0.8\sim 0.9\text{ sec}$ に、組織渦の周期に対応する最初の peak を示すが、 R_{ww}, R_{pp} では $T=0.45\text{ sec}$ 付近に最初の peak がみられ2番目の peak が $T=0.8\text{ sec}$ で組織渦に対応している。すなわち、組織渦の約半分の周期の変動が w および p に生じている。これは渦の合体などが激しく起こっている噴出口付近では2次元流れにもかかわらず圧力変動を媒介として奥行き方向に変化をもつ3次元構造の渦が生じていることを示しているものと思われる。このことは w のスペクトルを示した図-7でも明確な2つの peak が見られ、奥行き方向にのみ2重構造になっていることがわかる。一方、図 6の $X=30\text{ cm}$ では $R_{uu}, R_{vv}, R_{ww}, R_{pp}$ がいずれも組織渦の周期に対応した T のところに強い peak をもち、 R_{ww}, R_{pp} の first peak は弱くなっている。これは渦が流下するにしたがい渦径が増大し水路幅の抑制を受けて、強制的に2次元化しているものと思われる。

4. むすび
噴流・plume の組織渦について調べたが明らかにされた諸点を列記すると以下のようである。

- (1) 噴流・plume における組織渦の流下速度は断面最大流速の0.5倍程度である。
- (2) 噴出口付近と離れた領域とでは組織渦の配列や位相が大きく異なっており、噴出口付近では左右の渦列は独立しているが、流下していくと一体化・運動して運動・流下するようになる。したがって、これらの組織渦の研究では別個の取扱いが必要である。
- (3) 2次元流れにおいても組織渦は本質的には3次元的存在と思われる。

(参考文献)

- 1) 後藤・椿・小松：土木学会西部支部研究発表会講演集，1981
- 2) 後藤・椿・小松：土木学会第36回年次学術講演会概要集，1981

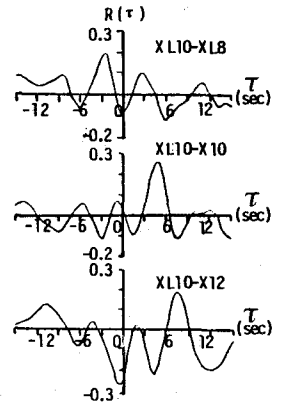


図-3 相関係数 ($X=10$)

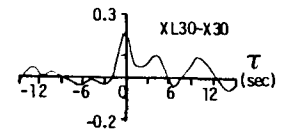


図-4 相関係数 ($X=30$)

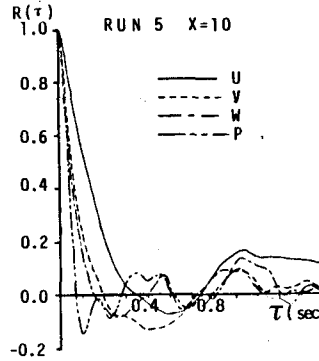


図-5 自己相関係数 ($X=10$)

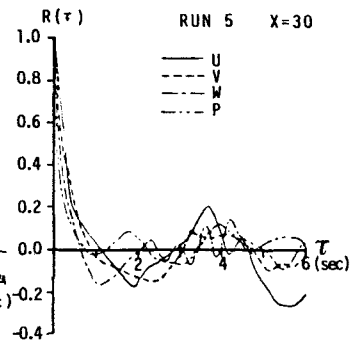


図-6 自己相関係数 ($X=30$)

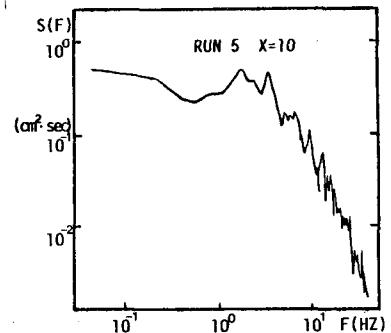


図-7 w のスペクトル ($X=10$)