

鉛直上向きプリュームのスケール特性

大阪大学工学部 正 員 室 田 明
 大阪大学工学部 正 員 中 辻 啓二
 北海道開発庁 正 員 石 田 悦一
 大阪大学大学院 学生員 〇 日 置 洋平

1. ま え が き ; 本研究は、2次元フォースト・プリュームの噴流断面内で温度の多点同時計測を行ない、その空間相関から jet/plume 領域の時空間乱れ構造の違いおよび可視化において観られる渦動とゆらぎの乱流構造に与える影響について考察した。さらに、空間相関係数を積分することにより両領域の空間スケールの違いを検討した。

2. 実 験 ; 実験は前面ガラス張の水槽(高さ 130cm, 幅90cm, 奥行90cm)の前面15cmを仕切って行なった。計測水槽の下方から上方へ約 1 cm/sで流れる一様流中に幅0.4cm,長さ15cmのスリットから温水を鉛直上向きに噴出した。図1に示すように、サーミスターの1本を温度のr.m.s.が最大となる断面位置に固定し、他の1本を断面内で移動させて、空間相関の描く物理像を考察する。(r.m.s.の最大の位置は可視化により得られた渦動中心の通過位置にほぼ対応している。)

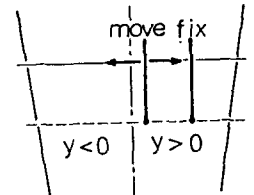


図1 サーミスターの設置位置

表1 水理諸元

本実験における水理諸元を表1に示す。添字0は放流口における値を示す。また、 x/B および $y/Y_{1/2}$

Regime	$U_0(\text{cm/s})$	$\Delta\rho_0(\text{g/cm}^3)$	F_{d0}	Re_0	x/B	$y_{1/2}(\text{cm})$	$y/Y_{1/2}$
Jet	35.7	0.00079	68.5	977	62.5	3.85	0.65
Plume	16.0	0.01520	7.0	1127	87.5	3.90	0.90

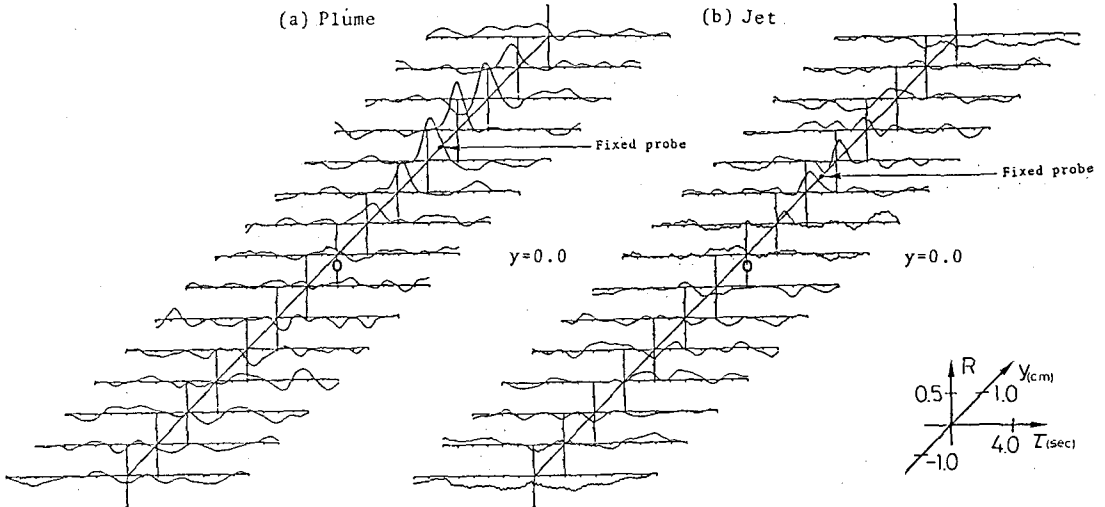


図2 時空間乱れ構造

Akira MUROTA, Keiji NAKATSUJI, Yoshikazu ISHIDA and Yohei HIOKI

は計測断面およびサーミスターの固定位置を表わす。(B : 放流口幅, $y_{1/2}$: 温度の半値半幅)

3. 実験結果 ; 図2はplume および jet領域における温度変動の空間相関を示したものである。横軸は遅れ時間, 縦軸は相関係数, 斜軸は横方向距離を示す。

plume 領域においてはサーミスターを固定した $y > 0$ の範囲で固定点を最大値とする高い相関を示し、噴流中心軸近傍で相関がなくなる。他方、 $y < 0$ では相関は低くなり、逆に負の値を示す。これらの結果より、乱流構造は中心軸に対して逆対称になっていることが推察できる。これは可視化において観察される中心軸に対して非対称に位置する大規模渦動の存在とも対応している。そこで、plume 領域における時空間乱れ構造をさらに検討するために、 $y > 0$ における正の相関の最大値が現われる遅れ時間の断面内分布を示したのが図3である。

横軸は温度の半値半幅で無次元化した横方向距離を示し、縦軸は遅れ時間を示す。遅れ時間はサーミスターの固定点を境に外縁から負より正に逆転する線型の分布となる。横方向の移流速度 V_c を $\Delta y / \tau$ で定義すると、プリューム断面内で $V_c / U_c = 0.67$ (U_c : 中心軸上流速) と一定値となり、乱流構造がプリューム半幅にわたって挙動するゆらぎ現象を反映している。

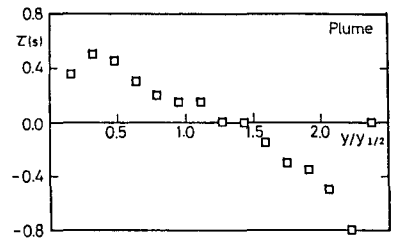


図3 遅れ時間の断面内分布

一方、図2(b)は、jet領域における同様の解析結果を示したものである。 $y > 0$ では plume領域と同様にサーミスターの固定点で最大値となる正の相関を示すが、その相関は plume領域のそれと比べて小さく、その影響範囲も狭い。また、 $y < 0$ においてはほとんど有意な相関は認められない。著者らは中心軸に対して対称な位置に2本のサーミスターを設置した実験も行ない、本解析と同様に空間相関を検討した。その結果、plume領域においてはその相関係数は明瞭な負値を示すが、jet領域においては有意な相関は得られなかった。このことより、jet領域においては中心軸に対し左右両側面に存在する渦動は独立に挙動すると推察される。これらの結果は、jet領域では plumeで観られるような全断面にわたるゆらぎ現象が生じないという可視化観測の結果と一致する。

次に、上述した空間相関の遅れ時間 $\tau = 0$ の相関係数を断面内積分することによって各領域の乱れの空間スケールを定量的に評価した。積分スケール L は、表2 積分スケール $L = \int R dy$ (R : $\tau = 0$ の空間相関係数) で定義される。算定した L を温度の半値半幅 $y_{1/2}$ で無次元化して表2に示す。plume 領域の積分スケールは jet領域のその約 1.8倍となり、両領域の空間スケールの違いが定量的に明らかになった。Antonia ら¹⁾ は均質噴流において流速変動 u に基づいた同様の解析を行ない、 $L / y_{1/2} = 0.37$ を提示している。今回の結果は彼らの結果より少し大きめの値を示している。

Regime	$L/y_{1/2}$
Jet	0.59
Plume	1.05

(参考文献) 1) Antonia, R.A. : On the Organized Motion of Turbulent Plane Jet, J. Fluid Mech., vol.134., pp.49-66, 1983.