

II-204

二次元ジェットとブルームの乱れ特性について

大阪大学工学部 正 員 玉井昌宏

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

大阪大学大学院 学生員 町田博紀

1. まえがき : フォーストブルームは運動量流束と浮力流束を併せ持つ流動であり、放流口から離れるにしたがってジェットの流動からブルームの流動へと移行する。ブルームの連行係数はジェットのそれの2倍強であり¹⁾、両流動の差異は浮力効果によるものと推察される。しかしながら、ブルームの乱流計測結果は非常に少なく、浮力の乱れ特性に及ぼす影響についての解釈も様々である。例えば、水科・萩野等²⁾や Ramaprian・Chandrasekhara³⁾は浮力が乱れエネルギーの増大に貢献するという実験結果を呈示している。一方、中込・平田⁴⁾は、浮力は乱れエネルギーの生成には貢献しないが乱れのスケールの増大に貢献するという見解を示している。したがって、フォーストブルームの乱流拡散機構を解明するためには精度高い乱流計測結果の蓄積が急務であると考えられる。本研究ではホットフィルム流速計と高感度サーミスターを用いて二方向流速と温度変動の同時計測を実施し、二次元ジェットとブルームの乱れ特性について、とくに浮力効果の影響について検討を行った。実験の内容は第30回水講⁵⁾と同一である。また、ホットフィルム流速計を温度変動場に適用するために恒温水槽内において予備実験を実施し、流速計の出力電圧と流速との関係を温度の関数として表示した。実験で得られた出力電圧は演算段階で温度補正した。放流条件は $Fd_0 = 3.4$, 48.9であり、それぞれブルームとジェットに対応する。

2. 乱れ変動量の横方向分布特性 : 図-1に流下方向、横方向流速変動および温度変動の相対乱れ強さ u'/U_ϵ , v'/U_ϵ , $\theta'/\Delta T_\epsilon$ の横方向分布を示す。図中の無次元量 X_x は Chen・Rodi⁶⁾の定義に倣った流下方向距離である。白抜記号と黒塗記号はそれぞれブルームとジェットの実測値を示す。横軸は流速分布の半値半幅 $y_{0.5}$ で無次元化した横方向距離である。また、参考のために図中にレーザー流速計を用いた Ramaprian et al.のジェットの実測値を実線で、またブルーム ($Fd_0=2.3, 4.5$)の実測値を破線と一点鎖線で示す。 u'/U_ϵ は両流動ともに中心軸上で極小値を、 $y/y_{0.5} = 0.6 \sim 0.8$ 付近で極大値を持ついわゆる双頭形の分布を示す。両流動を比較すると、ブルームの中心軸上値や極大値はジェットのそれらの1.2倍程度である。 v'/U_ϵ は両流動ともに中心軸付近で平坦で、噴流外縁に向うにしたがって緩やかに減少する分布である。今回の実験値は Ramaprian et al.と比較して少し小さめの絶対値を示している。ジェットとブルームの中心軸上値ならびに極大値をを比較すれば、ブルームはジェットの1.2倍程度である。この

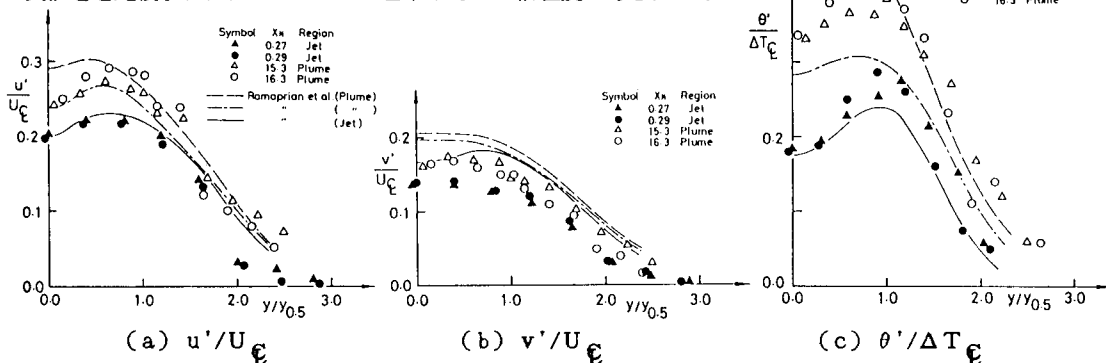


図-1 相対乱れ強さの横方向分布特性

比率は u'/U_ϵ のそれとほぼ一致しており、浮力効果によって乱れがその方向性を問わず増大することがわかる。この結果は浮力によって乱れの異方性が助長されるという中込・平田の結果と相反するものである。温度変動の相対乱れ強さ $\theta'/\Delta T_\epsilon$ は両流動ともに双頭形の分布である。ジェットに対してブルームの絶対値は本実験では1.5倍、Ramaprian et al.では1.5~2.0倍程度に増大しており、浮力によって温度変動強度が流速変動以上に増大することがわかる。つぎに、図-2にレイノルズ応力 $\overline{uv}/U_\epsilon^2$ と横方向熱流束 $\overline{v\theta}/U_\epsilon \Delta T_\epsilon$ の横方向分布を示す。ブルームとジェットの絶対値を比較すると、レイノルズ応力では前者は後者の約1.5倍、乱流熱流束では約1.4倍である。浮力効果が運動量や熱の乱流輸送の増大に直接的に寄与していることがわかる。著者等とRamaprian et al.の実験では、その絶対値に関して両図で多少の違いがあるが、浮力効果の相対的な評価に関しては一致している。

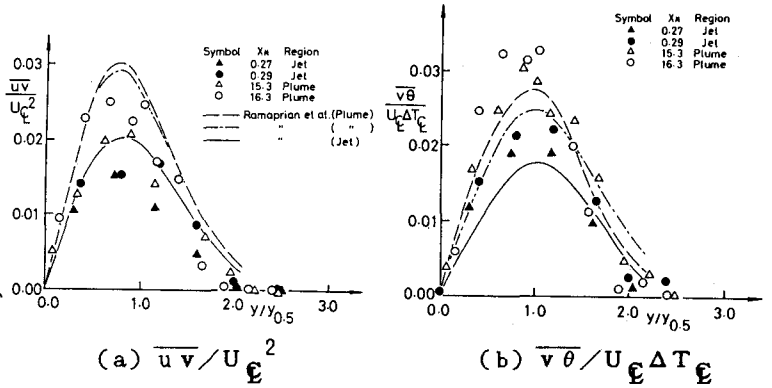


図-2 乱流流束の横方向分布特性

3. 流速変動の空間相関特性 : 温度変動の乱れ強度が最大となる断面位置にプローブを固定し、もう一本のプローブを空間内任意点に移動させて、流速変動の2点同時計測を行った。図-3に流速変動の相関係数の空間分布(x, y)を等値線を用いて示す。図中の実線、破線は u 変動と v 変動の等相関線である。固定点はブルームでは $x/W_0 = 80$, $y/W_0 = 8.75$ 、ジェットでは $x/W_0 = 50$, $y/W_0 = 7.5$ である。ここに W_0 は放流口幅である。相関値が0.1の等相関線が乱れ構造の輪郭を表しているとみなせばその拡がり横方向に半値半幅の約2倍、流下方向に約3倍であり、ジェットとブルームとの間に有為な差異は認められない。また、ブルームの u 変動において、 $y/y_{0.5} = -0.7$ 付近に-0.2の負の相関が現れている。これはブルームの乱れ構造が中心軸に関して左右非対称に配置されていることを示している。これらの結果は第30回水講において示した温度変動の空間相関によるものと一致する。

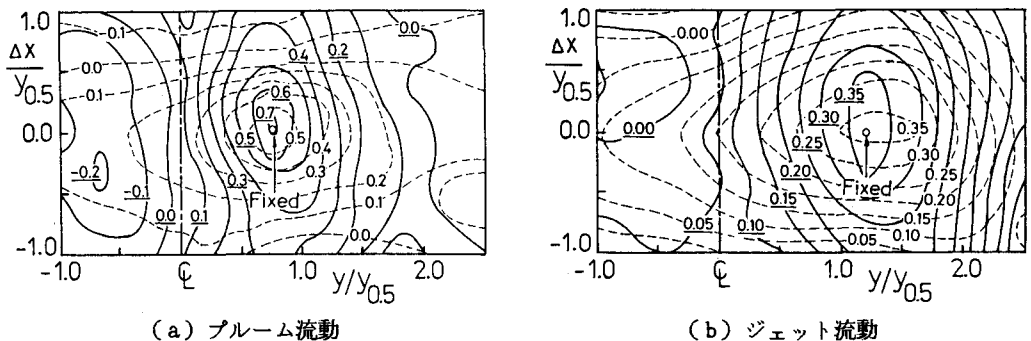


図-3 流速変動の等相関線図

(参考文献) 1) 室田・中辻・中井: 土木学会論文集, 369/II-5, 1986. 2) 水科・荻野・武内・和田: 第19回伝熱シンポジウム講演論文集, 1982. 3) Ramaprian・Chandrasekhara: IIHR Report, No.257, 1983. 4) 中込・平田: 日本機械学会論文集, 第46巻 310号, 1980. 5) 室田・中辻・玉井: 第30回水講論文集, 1986. 6) Chen・Rodri: Pergamon Press, 1980.