

噴流場における乱れ特性の流程方向変化について

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 ○戸上 拓也

1. まえがき；前報¹⁾では、混合層の発達には大規模渦動の存在と合体现象が深く関係していることを可視観測から明らかにした。本報告では二次元表層噴流場での二方向流速成分の定点計測を行ない、乱れ構造の流程方向変化から大規模渦動の特性の把握を試みた。

2. 実験の概要；実験は、長さ6.0m、幅0.15m、高さ0.5mのアクリル製開水路を用いて行なった。放流口での噴流特性は、水深 $H_0 = 1.82$ cm、最大流速 $U_\infty = 27.5$ cm/sec、運動量厚 $\delta = 0.199$ cmである。渦動の流下に伴う乱れ構造の変化を追跡するのであるから、本来的には同一渦動をLagrange的に解析する必要があるが、本報では、1cm間隔の定点計測を行ない平均的に時系列特性を評価した。また、可視観測の解析結果から、渦の中心が放流口水深位置を平均的に通過することから、計測位置は放流口水深を採用した。

3. 渦動特性の流程方向変化；渦動の特性を表現する指標として、渦動の移流速度、強さおよび特性長が用いられる。ここでは放流口水深位置での平均流速 $\bar{U}$ 、乱れエネルギー $\bar{\varepsilon}^2 = \frac{1}{3}(\bar{u}^2 + 2\bar{v}^2)$ 、平均渦径 L_u 、 L_v を採用し、流程方向変化を示したのが図1、2である。 $\bar{U}/U_\infty$ は $3 < X/H_0 < 9$ の範囲で一定値0.45をとり、可視観測での値0.64とは若干異なるが、渦動は一定の速度で移流する。 $\bar{\varepsilon}^2/U_\infty^2$ 、 L_u/H_0 は流下に伴ない増大する傾向にあり、とくに $X/H_0 = 3.3$ 付近で不連続に増大するのが認められる。可視観測によれば、この位置は平均的にみて渦動間の合体现象が頻繁に生じる点である。このことは渦動の合体過程が渦動の規模(強さと特性長)の増大をもたらすことを示唆しており興味深い。また、図2に示す流れ方向と鉛直方向の平均寿命時間の比 T_u/T_v にも合体前後で複雑な変化を示すことが認められ、とくに合体位置で $T_u = 2T_v$ なる関係が成立するのは注目に値する。図には示さないが、 u 、 v 変動のスペクトル形において合体前に種々のピークが現出し始め、合体位置ではそれぞれ2.56Hzと4.21Hz、3.13Hzと6.89Hzといった卓越したピークが明瞭に現われる。可視観測の平均的な合体発生周波

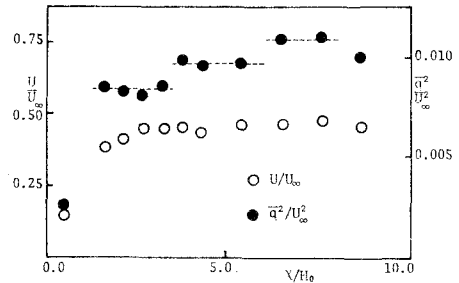


図1 平均流速と乱れエネルギー

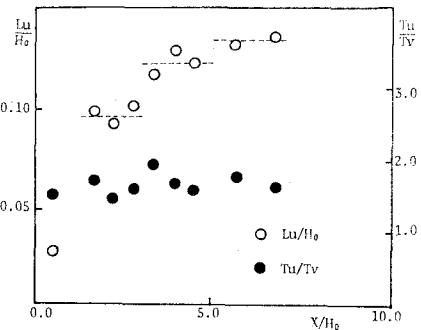


図2 平均渦径の流程方向変化

数 4.4 Hz に相当するものであろう。これらの卓越成分は流下にともない低周波側に移行する傾向をもつ。

4. 相互相関関数の流程方向変化；つぎに、主流速 $u(t)$ と鉛直方向流速 $v(t+\tau)$ 間の相互相関関数 $R_{uv}(\tau)$ から渦動をとらえることを試みた。十分に発達した渦が独立して存在する場合には、 $R_{uv}(\tau)$ は u 、 v 時系列の位相差 $\pi/2$ に相当する遅れ時間で相関度が最大となる分布形を呈する。図3は $R_{uv}(\tau)$ の流程方向変化を概念的に示したものであり、可視観測結果との対応でその特徴を述べれば以下のようなものである。① 初期剪断により渦動が発生する位置では $R_{uv}(\tau)$ は無相関であり絶対値も小さい。② 渦動の成長段階では負の遅れ時間で最大の正の相関をもつ分布形を呈する。③ 合体開始点では左右対称の特異な分布形を示し、 τ の増大とともに相関度は減少するランダム成分から構成されている。④ 合体位置では再び負の遅れ時間で相関度が最大となり、 $\tau=0$ で $R_{uv}(\tau)=0$ となるような分布形を示すが、 $\tau>0$ では相関度は小さい。これは不完全な渦動を形成していることを意味する。⑤ さらに流下すると、 $R_{uv}(\tau)$ は合体以前のそれとほぼ相似な分布形を呈し、合体後に形成された大規模渦動の特性をとらえていると推察できる。

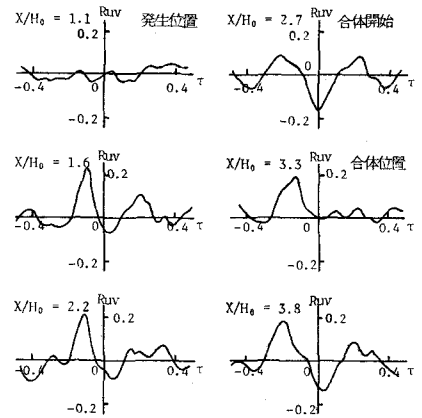


図3 相互相関関数の流程方向変化

$u(t)$ 、 $v(t)$ の関連性をさらに詳しく検討するために、位相差、コヒーレンシーを求め図4に示した。

コヒーレンシーは $X/H_0 = 3.3$ を除いて、低周波領域で0、高周波領域でランダムな変動を示す。1 Hz $< f < 20$ Hz の範囲では、コヒーレンシーが0.5以上になる周波数が離散的に存在し u 、 v 変動間の強い相関性が認められる。また、その周波数成分の位相差は、 $\pm\pi$ になる傾向を示し、レイノルズ応力 uv が正である確率が高くなり鉛直方向の運動量輸送が行なわれると予想できる。 $X/H_0 = 3.3$ では低周波領域で高い相関を示すが、位相差が0であることより運動量輸送にほとんど貢献しない。同図にみられるような $u(t)$ と $v(t)$ との間の強い相関性の離散的な現出は渦動の存在を示唆しており、渦動が運動量輸送に密接に関係していることを期待させる。剪断により乱れが生成される場合には、低周波領域でコヒーレンシーが連続的に大きく、且つ位相差が $\pm\pi$ にならねばならず、この傾向とは異なる。

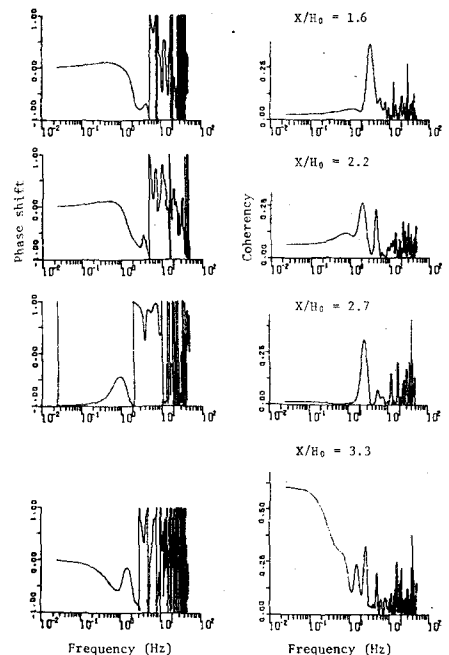


図4 位相差とコヒーレンシー

参考文献 1) 室田・中辻・橋本；昭和55年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集，Ⅱ-13，1980