

II-151 壁面噴流の乱流構造に関する検討

日本大学生産工学部 正会員。藤合 実^{*)}
(野)電力中央研究所 正会員 守屋 祥一

1 まえがき 本研究は、壁面噴流のLDV計測より得られた2方向流速乱流の時系列を用いて、瞬間レイノルズ応答を流速変動の正負により4象限に区分する条件付きサンプリング¹⁾を行い、噴流内の乱流構造について検討するものである。

2. 実験装置および方法 実験は、長さ200cm、幅10cm、高さ60cmの両面ガラス製水槽において、水槽側面の開口 $Bo=1.0m$ の出入口より床面に沿って放出した壁面噴流を対象とした。本報告では、噴流の放出レイノルズ数、約1000の場合である。以下に用いる記号の説明を図-1に示す。LDVは、前方散乱型(DISA 55X 又はHe-Ne 15mW)であり、流速信号は、周波数37.7kHzおよびトラックを介してデジタルデータレコーダ(Teac DR200)を用いてオープンMTに収録し、大型電算機で処理されるシステムとなっている。データの収録期間は、100Hz収録時間は、120secである。

3. レイノルズ応答の4象限区分と流速信号処理 乱流の組織的構造を検出する方法として、図-2に示すように瞬間の速度乱流の正負に従って4象限の運動に分類する方法を用いることとする。境界層において、 $U>0, V>0$ の運動をそれぞれEjectionおよびSweepと呼び、それらの現象は、 $-UV>0$ となり、レイノルズ応答に対して正の寄与をしている。しかし壁面噴流の混合層において、 $U>0, V<0$ の現象をEjectionおよびSweepと呼ぶことは適当でないことから、本文では、各象限の運動と呼ぶこととする。よって各象限の運動がレイノルズ応答に寄与する割合は、次式で表される。^{2), 4)}

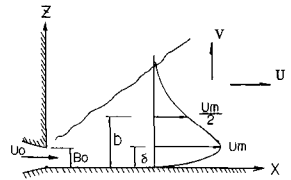


図-1 記号説明図

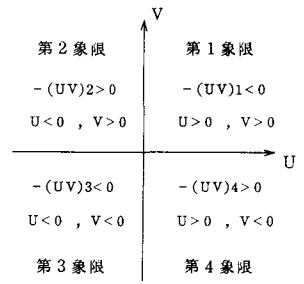


図-2 U-V平面の4象限区分

$$\frac{(UV)_i}{UV} = \frac{1}{UV} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T UV(t) \cdot I_i(t, H) dt \quad (1)$$

$(i=1, 2, 3, 4)$

また $I_i(t, H)$ は、方向関数であり、その値をHとして次式で表される。

$$I_i(t, H) = \begin{cases} 1: U-V \text{ 平面の } i \text{ 象限に } |uv(t)| > H\sqrt{u^2 + v^2} \\ 0: \text{ " " " " } |uv(t)| \leq H\sqrt{u^2 + v^2} \end{cases}$$

これらの式を用いて各運動のレイノルズ応答への寄与を調べることができ、本実験では、周波数トラック処理器を用いたLDV計測を行うこととする。その流速信号に含まれるノイズ信号の影響については予め検討する。図-3は、ノイズ信号の処理方法を示すもので、次の通りである。処理1: ノイズ信号も有効信号と見做す。処理2: ノイズ信号を除く有効信号のみを抽出する。処理3: ノイズ信号をノイズ信号を含む全データの平均値に置換する。処理4: ノイズ信号の代わりにドロップアウトが生じた前の値を再びトラックングで正値とを直線に補換する。このように提案した処理方法を用いて、既に平均統計量およびサンプル分布の算出からいって、それらの処理2および処理3が適当であることが確認されている³⁾。よって基本信号に任意のドロップアウトを付加して模擬信号を対象として4種類のノイズ信号処理を実施した後、式(1)に代入して得られた寄与率の結果が、図-4である。図は、ドロップアウト率約52%、ドロップアウトの平均持続時間間隔0.026sec、平均出現時間間隔0.024secの場合であり、実験の基

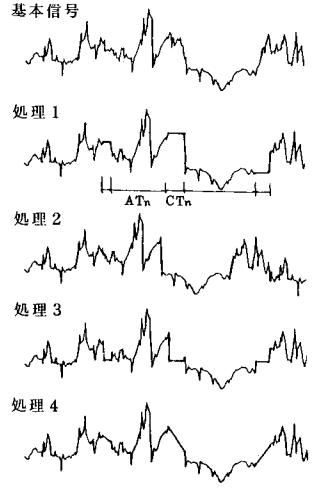


図-3 ノイズ信号の処理方法

本信号の値である。処理4の方法による結果は、他の結果よりも基本信号の結果と良く一致している。この傾向は種々のドップラー状態においても認められる。尤も24象限区分を行ってのホルト信号の処理とせば、処理4の方法が適当であることから、以下に述べる結果は、流速信号所系列に処理4を施して得られたものである。

5. 実験結果および考察 図-5は、流下方向流速の平均流速とレイノルズ応力分布を示すものである。平均流速は、 $Z/B_0 = 0.5$ の最大流速 U_m を示し、レイノルズ応力は、 $Z/B_0 = 0.25$ と 0 と取り、 $Z/B_0 = 3$ (半値幅) 程度の最大値を示すことが認められる。

図-6は、(1)式から得られるレイノルズ応力への寄与率を示し、図の(a),(b),(c),(d)は、図-5に対応し、それ以外壁面境界層、最大流速地長、半値幅地長および半値幅の2倍の地長に結果である。壁面境界層では、 $H=0$ のとき Ejection による寄与率 Sweep によるものより大きく、 H の増大とともにそれらの寄与率は減少する。Sweep は、約 $H=5$ 程度まで存在し、Ejection は、 $H>8$ でも存在し、支配的運動であることが認められる。(b)において、

$H=0$ の1象限と3象限の運動がレイノルズ応力に対して正の寄与を示している。1象限の運動による寄与率は、 H の増大に伴い急減し、 H の程度はほぼ 0 とする。3象限の運動は、 $H>8$ でも存在し支配的である。半値幅には付かない地長では、1と3象限の運動が同程度に正の寄与を示し、 H の増大に伴って3象限の運動による寄与率が若干早く減少する。噴流の外縁近くには、 $H=0$ において1象限の運動による寄与は、3象限のそれより大きく、 $H>8$ にも存在している。

これらのことから次のようにまとめられる。レイノルズ応力に対して、正の大きい寄与を示す運動としては、 $Z/B_0 < 0.25$ の $U^*V^* < 0$ の領域において Ejection であり、 $0.25 < Z/B_0 < 3$ の場合は、壁面に向う運動である。それ半値幅程度のレイノルズ応力が最大値となるより下流においては、噴流の外に向う運動と壁面に向う運動が共に同程度の寄与を示し、それ以上の Z/B_0 においては、噴流の外に向う運動による寄与率が大きくなっている。

6. おわりに 以上は、レイノルズ応力の4象限区分を行って、現状講義に1つ検討したが、今後は、乱流の組織的機構を解明するための一手法として、流場の同定性について検討する予定である。

参考文献 D 菱田 S: 機論 47-413, 昭56-1, 2) 室田 S: 才池水工講 1982, 2, 3) 若合 S: 流場の計測と可視化 大阪1985, 4) J.Sabat etc.: J.F.M., 1976.

* (財)電力中央研究所にて研修中。

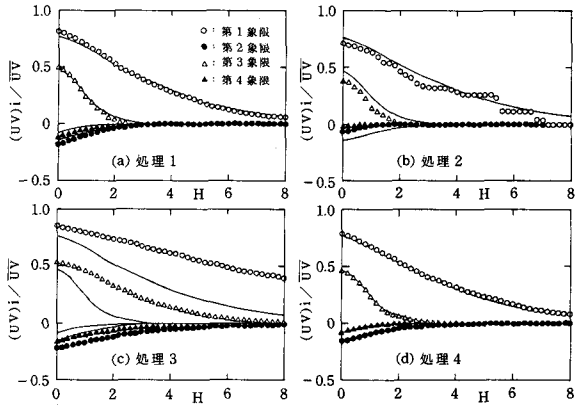


図-4 レイノルズ応力の分類

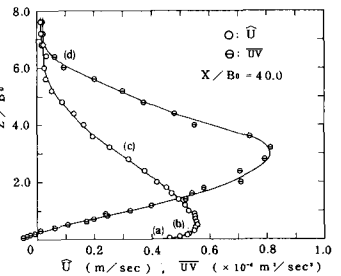


図-5 平均流速とレイノルズ応力分布

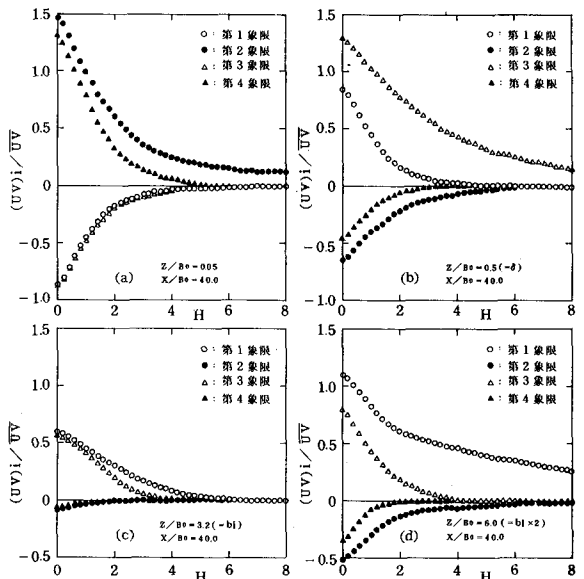


図-6 レイノルズ応力の分類