

流速変動のWavelet解析

○飛島建設 柴田 浩和 西松建設 中野 文彦
山口大学 河元 信幸 山口大学 斎藤 隆

1. はじめに：本研究は、開水路流れの粘性底層内における主流流速の横断方向分布の時間的変動での低速域と高速域とを抽出するに最適なウェーブレットを見出すため、5種類のウェーブレット波形を用いて、その波長ならびに検出する基準値としてのウェーブレット変換値を系統的に変えて検討したものである。

2. 解析方法：ウェーブレット変換値 $Tg(a, b)$ は

$$Tg(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} g\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt$$

で定義されている。 $g(t)$ はアナライジング・ウェーブレットと呼ばれ、 a は波長、 b は時刻あるいは場所を与え、次の関係

$$g \int_{-\infty}^{\infty} g(t) dt = 0$$

を満足するものである。 $f(t)$ は解析の対象となる関数である。

解析結果の適合性を示す指標として次の合致度を用いた。

全解析点数－未検出点数－誤検出点数

$$\text{合致度} = \frac{\text{全解析点数} - \text{未検出点数} - \text{誤検出点数}}{\text{全解析点数}}$$

3. 解析結果：解析の対象は図-1に示す開水路流れの粘性底層内における主流流速の横断方向分布の時間的変動での高速域と低速域である。解析に用いたウェーブレットの波形は図-2に示す5種類である。解析結果の一例が図-3である。図はCASE-2の波形で、波長が $l^* = 122$ の場合で、閾値はウェーブレット変換値の標準偏差値を用いて低速域を抽出したもので、図-1の低速域との合致度は90%強である。

図-4(a)は各ウェーブレット波形における閾値による合致度の変化を調べたものである。図は高速域に対するものであるが低速域に対するものもその合致度は若干劣る(91%)がほとんど同じ傾向であって、ウェーブレット変換値の標準偏差値を閾値とした場合に最大の合致度である。

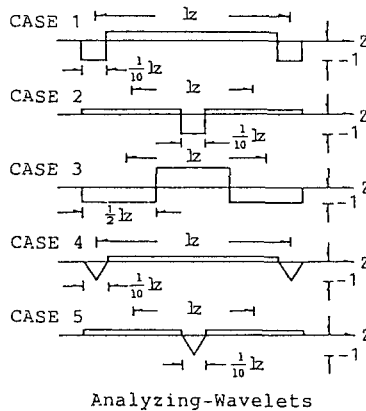


図-2 解析波形

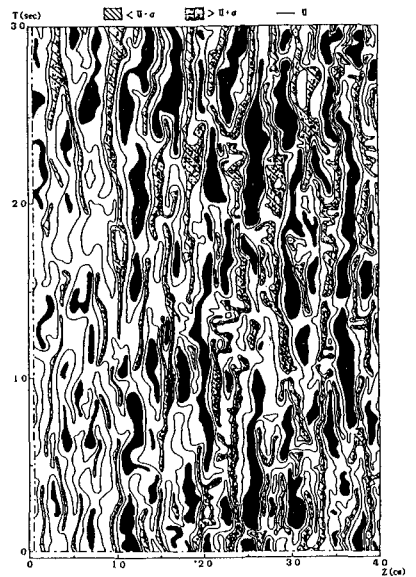


図-1 流速変動分布

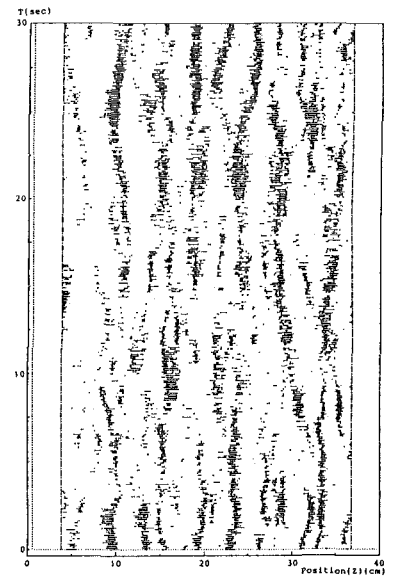


図-3 抽出された低速域

図-4 (b) は、合致度が最も高かった CASE-2 の波形を用いて、波長と閾値による合致度を調べた結果である。波長の違いによる合致度の違いは波形による違いによるものよりは小さい。ウェーブレット変換値の標準偏差値を閾値としたときに最大の合致となっている。

図-5 は CASE-2 の波形を用い、ウェーブレット変換値の標準偏差値を閾値として、波長を変えた場合の合致度を調べた結果である。高速域・低速域のいずれも最高の合致度は波長が $l^* = 122$ の場合で、低速域に対する合致度は高速域のそれよりも若干低い値である。

図-6、図-7 は合致度が最高であった場合において、ウェーブレット解析によって得られた、低速域ならびに高速域の幅ならびにその中心間隔の頻度分布である。図-1 の水路中央部分 ($z = 20 \sim 40 \text{ cm}$ 、水路幅 60 cm) において求められたそれぞれの頻度分布と比較すると、高速域・低速域の幅の頻度分布は最頻値の度数が若干高いがほぼ一致した頻度分布である。低速域の中心間隔は $z^* = 20 \sim 50$ における度数が若干高いが生データのそれとほぼ一致している。高速域の中心間隔では $z^* = 20 \sim 40$ ならびに $z^* = 130 \sim 180$ の度数が若干高いが、ほぼ生データと一致した分布となっている。

4. まとめ：ウェーブレットの選び方やウェーブレット変換の意味付けなどの基本的な点についての検討が残されているが、本研究で対象とした低速領域ならびに高速域と定義した一種の異常領域を抽出する手法として、適切なウェーブレットを選ぶこと、とくに適切な波形を選ぶことで、きわめて適合度の高い方法であると結論される。

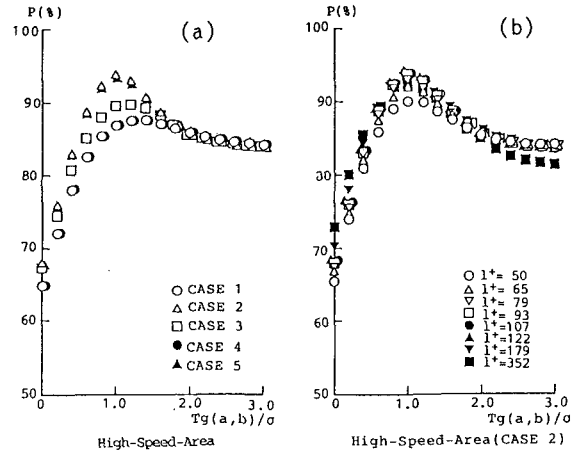


図-4 波形・波長・閾値と合致度の関係

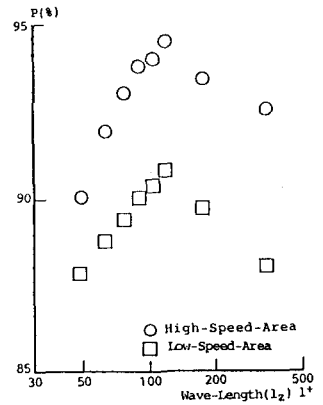


図-5 波長と合致度の関係

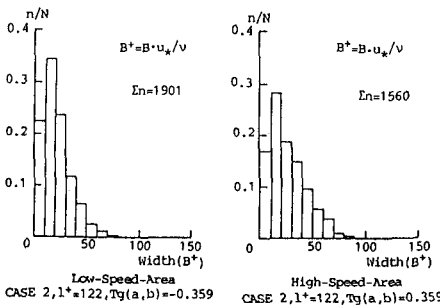


図-6 各領域幅の頻度分布

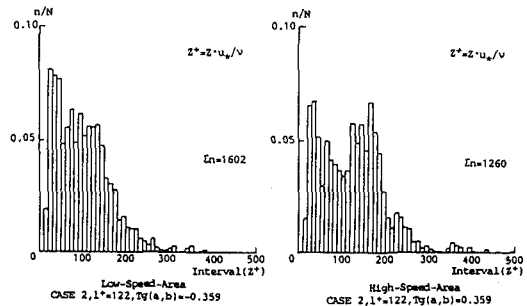


図-7 各領域の中心間隔の頻度分布