

雨水路最大乱子の非線型性

信州大学工学部 (正) 余越 正一郎

信州大学大学院 (学) 〇大坪 国順

1. はじめに

乱れ場を支配する最大乱子は局所等方性の成立する中間乱子領域の渦と異なり、やはり規則性を帯び、形状も歪んでおり、さらに平均流との相互作用という非線型性をももたえている。このような最大乱子の歪みや非線型性を明らかにしようとする試みの一端として、ここでは4次構造関数(規準化)を求め、さらにバイスペクトルも計算してみたい。解析に使用したデータは、幅2.5m、水深約70cmの矩形水路において、流れ方向流速変動を直径13cmのプロベラ流速計で、鉛直方向流速変動をスパン3cmの超音波流速計で同時観測したものである。

2. 3次構造関数及び4次構造関数

Fig.1に観測データを解析してえられた、3の乱れの統計量の鉛直方向の分布を示したが、このうちSKEWNESSとFLATNESSの各値が乱れがカウス過程でないことを示している。著者らは、次式で定義される、3次・4次構造関数を計算してみた。

3次構造関数

$$S_3(T) = \frac{\{u(t+T) - u(t)\}^3}{\{[u(t+T) - u(t)]^2\}^{3/2}}$$

4次構造関数

$$F_4(T) = \frac{\{u(t+T) - u(t)\}^4}{\{[u(t+T) - u(t)]^2\}^2}$$

結果の一例をFig.2に示す。

3. バイスペクトル

最大乱子の特性が非線型である場合、周波数領域において他の周波数成分との結合が生じ、エネルギーの漏洩、受け渡しが起る。他の周波数成分との関連の度合いを調べるにはパワースペクトルでは不十分で、高次元スペクトル解析が必要である。著者らはその第一段階として、オートバイスペクトルを求めて見た。バイ

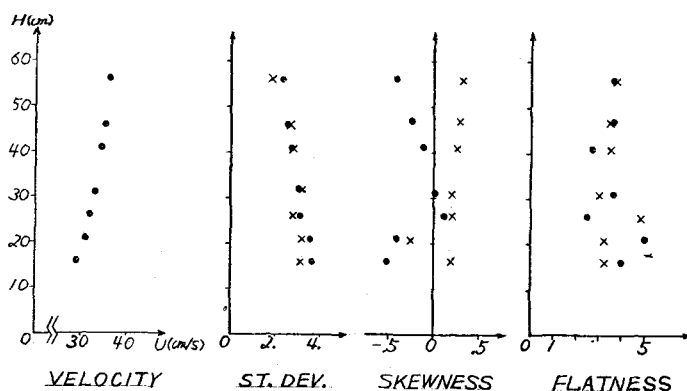


Fig.1 乱れの統計量の鉛直分布

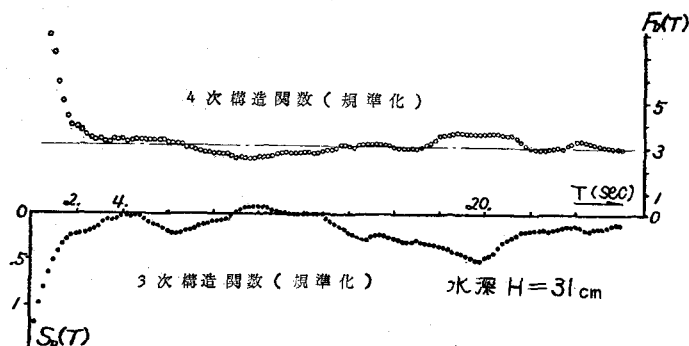


Fig.2 3次構造関数及び4次構造関数

スペクトルの計算
法はいまだ確立さ
れていないのが現
状である。 バイ
スペクトルは3次
の相関のフーリエ
変換で定義される
が、この方法によ
ると計算時間が極
度に長くはるので
、著者らは、Fig.3
に示した方法でバ
イスペクトルを求
めて見た。

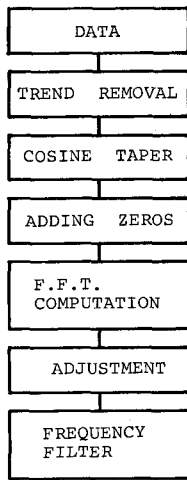


Fig.3 計算手順の
ブロック図

data-window は side-lobe leakage を抑えるために考案されたものであるが、まだ決め手とほるような方法は提案されてはいない。 今回の計算では、データの両端の $1/10$ に cosine-taper をかける方法を採用した。 データにゼロを加えるのは、F.F.T.の性質上、データの数を 2^n (n : 整数) に調整するためである。 ゼロを加えることは data-window にもなっている。 adjustment とは計算結果を補正すること、上記の cosine-taper をかけた場合、パワースペクトルには $1/0.975$ を、バイスペクトルには $1/0.9025$ をかける必要がある。 frequency-filter として、バイスペクトルの場合2次元の filter をかける必要があるのだが、

この filter の研究も非常に少ない。 著者らは、ある面積の範囲で単純平均する方法をとった。 計算結果の一例を Fig.4 に示す。 オートバイスペクトルの対称性から、バイスペクトルは $0 \leq f_1 \leq f_2$, $f_1 + f_2 \leq f_0$ (f_0 : Nyquist frequency) の範囲で求めれば充分である。

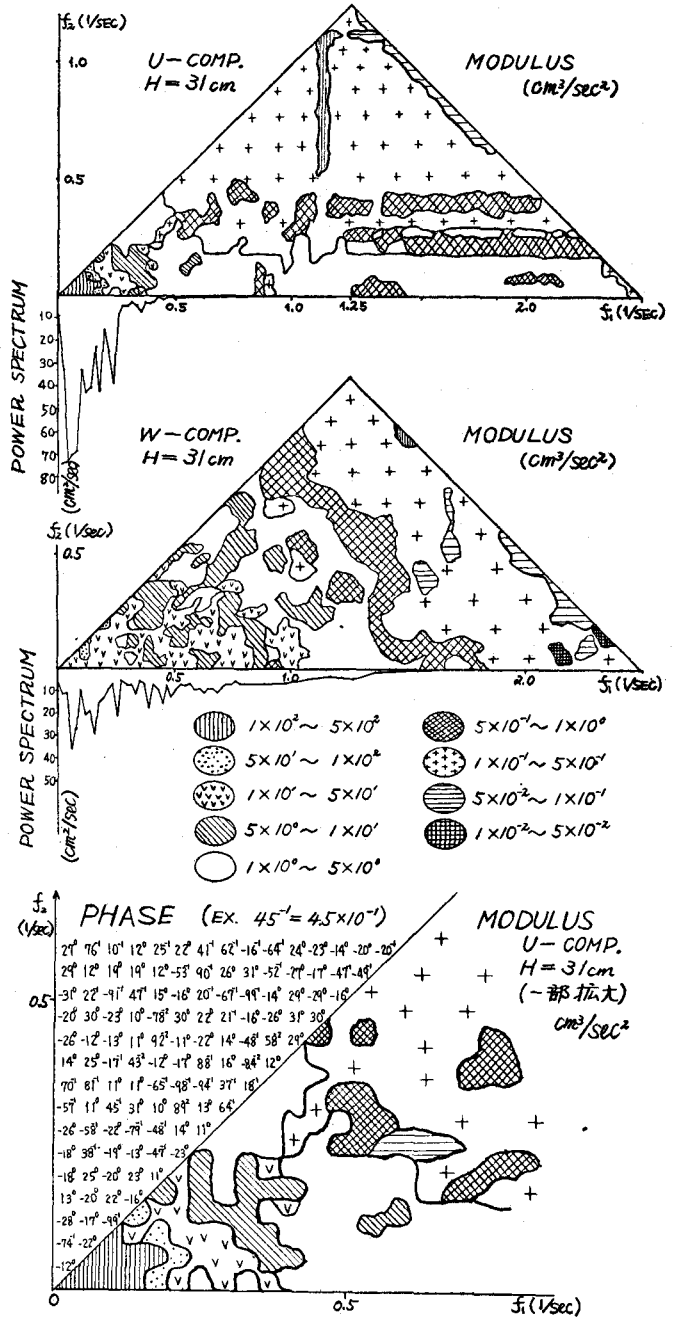


Fig.4 バイスペクトル密度