

波動運動場の乱れの抽出法に関する二・三の考察

京都大学工学部 正会員 岩垣 雄一
 京都大学工学部 正会員 浅野 敏之
 神戸製鋼 正会員 小谷 敏樹

1. 緒言：波動に流れが加わった共存場における乱れについては、従来あまり研究されていないばかりでなく、乱れの定義さえは、まじっていない。本研究は、乱れの抽出法としてアンサンブル平均法、数値フィルター法及びフーリエ級数展開法のろつを取り上げ、実験水槽内で形成された共存場の水粒子速度の測定記録から、それぞれの手法によって抽出した乱れの特徴を考察するとともに、定常流の場合との比較検討を行った。

2. 乱れの抽出法：(1)アンサンブル平均法 瞬間速度記録を波の位相ごとに標本平均することによって平均流速を求め、乱れ成分を瞬間速度の平均流速からの偏差とみなす方法である。この方法では、造波装置などが原因で瞬間速度曲線と平均流速曲線とが時間的にも振幅の方にも時にずれを生じるため、瞬間速度曲線の谷部と峯部で正確に乱れ強度を評価していないと考えられる。(2)数値フィルター法 乱れ成分をある一定の周波数より高い周波数の変動であるとする方法である。すなわち、数値フィルターを用いて高い周波数成分を分離し、それを乱れ変動とするものである。ここでは、5Hz以上を乱れ成分とし、ラグ数50の非再帰型フィルターを用いた。この方法では、アンサンブル平均法のような時間的にもまた振幅に対しても大きな偏差がなく、平均流速が瞬間速度によく追随するが、平均流速とみなした低周波数成分の変動が、乱れと全く無関係であるとは言い難いところがこの方法の問題点の1つであると言える。(3)フーリエ級数展開法 流速変動記録をフーリエ変換し、波浪の基本周波数成分、2倍成分、3倍成分を取り出して再合成し、それを平均流速とみなし、それからの偏差を乱れとして定義する方法である。この方法においても、アンサンブル平均法のような大きな偏差は生じない。しかし、数値フィルター法と異なり、純粋に波浪の周波数成分を平均流速として取り出すことになるので、瞬間速度記録の峯部と谷部においてはその一致が悪い。

3. 抽出された乱れの特徴：図-1は、波の進行方向水粒子速度の乱れ変動の自己相関係数を、深さ29cmのとき

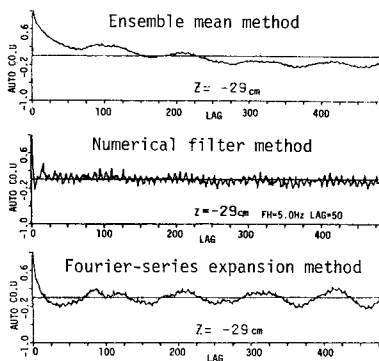


図-1 乱れ速度の自己相関係数

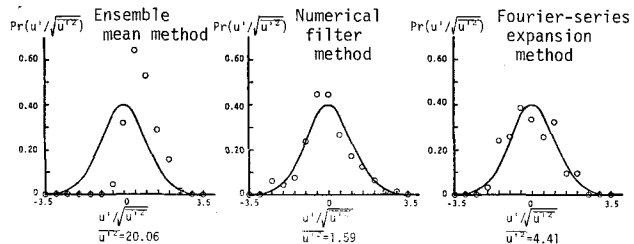
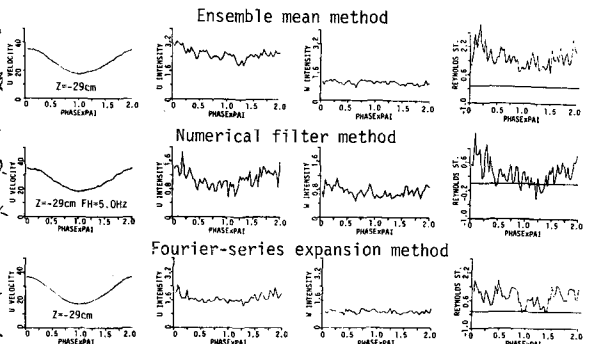


図-2 乱れ速度の確率分布

Iwagaki Yuichi Asano Toshiyuki Odani Toshiki

ろで測定して得た記録から計算した結果である。アンサンブル平均法及びフーリエ級数展開法では、上述したような平均流速と瞬間速度の間に周期的なずれが生じるため自己相関係数が周期的変動を示すのに対し数値フィルター法ではほとんど相関が見られない。図-2は、波の進行方向の乱れ速度の確率分布を、深さ20cmで測定して得た125個のデータを用いて計算した結果である。図-3 平均流速、乱れ強度及びレイノルズ応力の位相変化



図中の実線はガウス分布を表わしている。アンサンブル平均法では、上述のずれの発生により、一定の大きさをもつ偏差が抽出され、分布形が左右に大きく歪む。したがって、図-1と図-2からアンサンブル平均法は、このままでは乱れの抽出法として不適当であると考えられる。これに対し、数値フィルター法及びフーリエ級数展開法では比較的ガウス分布に近い分布形となるが、数値フィルター法の方が抽出された乱れ速度の大きさが比較的均等に行っているため、その分布形が幾分尖鋭となる。図-3は、左から平均流速、乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ 、 $\sqrt{w'^2}$ 及びレイノルズ応力の位相変化を示したものである。まず、 $\sqrt{u'^2}$ については、手法によらず平均流速の位相変化とほぼ対応した変動を示す。また、 $\sqrt{w'^2}$ では、手法によらずほぼ一定の値を保ち、位相による変化は見られない。レイノルズ応力については、この深さでは全位相を通じてほぼ正となり、平均流速とほぼ対応した位相変化を示す。図-4は、乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ 、 $\sqrt{w'^2}$ 及びレイノルズ応力の水深方向変化を示したものである。手法によらず、 $\sqrt{u'^2}$ とレイノルズ応力は水底に近づくほど大きくなるが、レイノルズ応力は水面付近で負の値をとることがある。 $\sqrt{w'^2}$ については、深さ方向にあまり変動せず、 $\sqrt{u'^2}$ の1/2程度の値となる。また、数値フィルター法によるすべての乱れ強度の大きさは、アンサンブル平均法あるいはフーリエ級数展開法のほぼ半分である。これは、定常流における $\sqrt{u'^2}$ の大きさと比較してかなり小さな値となっており、数値フィルター法では乱れ成分の一部しか取り出していないという点がここで現われている。

本研究は、文部省科学研究費（奨励研究）による研究の一部であることを付記し謝意を表する。

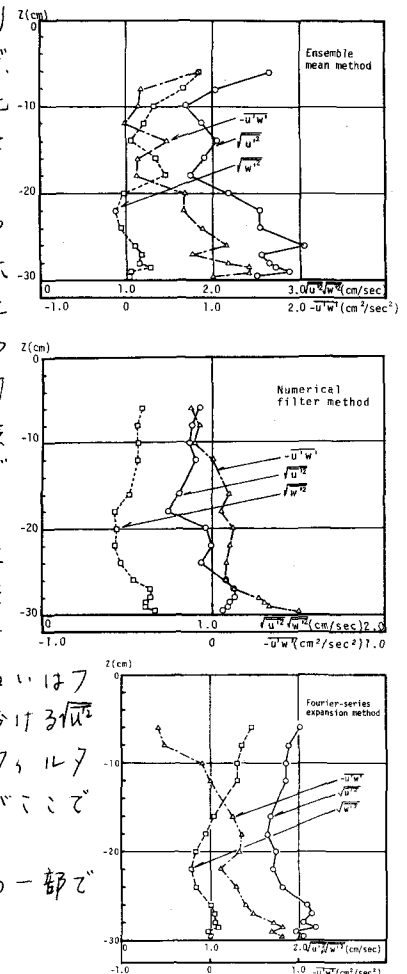


図-4 乱れ強度レイノルズ応力の水深方向変化