

1. はじめに

近年、砕波帯近傍の流体運動に関する研究が進む中で、砕波（もしくは波動）にともなう乱れをいかに定義するかということが問題となっている。規則波においては、一浪毎のアンサンブル平均をとることにより波動成分を定義し、その残差として乱れを定義する方法が論議されている。しかしながら、現地波浪においては、波動成分そのものが不規則であり、アンサンブル平均をとるという方法は明らかに適用不可能である。ここでは、波動という組織的な運動と、乱れという全くランダムな運動を、水位変動と流速変動間のコヒーレンスに着目することにより分離することを試みた結果について報告する。

2. 波動成分をとり出すための数値フィルター

既述のべたように、波動成分の特徴は、水位変動と流速変動に相関がある点にあると考える。実測された流速変動に対し適切な数値フィルターを施して、相関のある成分をとり出すことにより波動成分を定義することができる。

一般に、時系列  $x(t)$  から時系列  $y(t)$  への変換は数値フィルター  $\{a_n\}, \{b_n\}$  を用いて次のように書ける。

$$y(t) = a_0 x(t) + \sum_{n=1}^N a_n x(t+n\tau) + \sum_{n=1}^N b_n x(t-n\tau) \quad (1)$$

ここで、 $\tau$  はサンプリング間隔、 $N$  は数値フィルターの打ち切り項数である。ここで、 $x(t)$  から  $y(t)$  への伝達関数を  $H(\omega)$  とすれば、次式が成立する。なお、 $\omega$  は角周波数である。

$$H(\omega) = a_0 + \sum_{n=1}^N (a_n e^{i\omega n\tau} + b_n e^{-i\omega n\tau}) \quad (2)$$

すなわち、与えられた伝達関数について、(2)式より  $\{a_n\}, \{b_n\}$  を求めることにより数値フィルターを設計することができる。今回用いる現地観測のデータは、水平流速成分のみであり、水位変動との間には位相差はない。その時、数値フィルターは対称となり ( $a_n = b_n$ )、(2)式は次のようになる。

$$H(\omega) = a_0 + \sum_{n=1}^N 2 a_n \cos(n\omega\tau) \quad (3)$$

具体的には、ある地点での水位変動  $\eta$  と  $u$  とのコヒーレンスを  $H(\omega)$  として、(3)式より  $\cos$  関数の直交性を利用して  $\{a_n\}$  が求まる。次いで(1)式を用いて波動成分  $u_w$  をとり出す。乱れ成分  $u_t$  は、その差  $u - u_w$  として求まる。

3. 現地データへの適用例とその考察

現地データは、1981年9月に茨城県大洗海岸において取得したものである。図-1に、断面地形、流速計設置位置および水位変動の自乗平均値  $\sigma^2$  の岸沖方向変化を示す。この時の波浪条件は、非常に穏かで、平均砕波点であるT-3地点での有義波高は41cmであった。

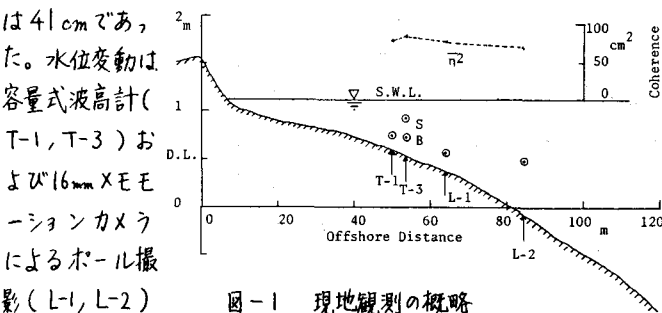


図-1 現地観測の概略

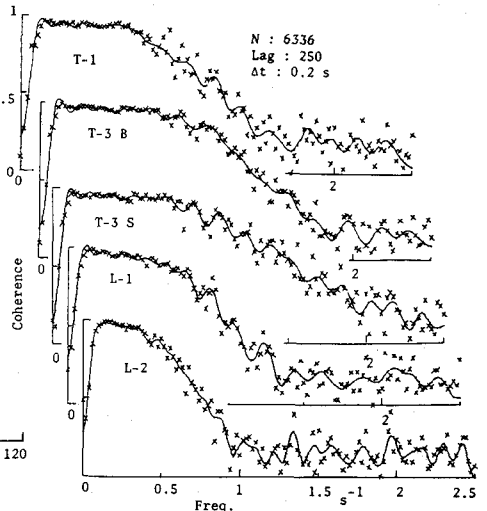


図-2  $\eta$  と  $u$  の間のコヒーレンス

という方法により、流速変動は、2成分電磁流速計(以下EMCと略称)を用いて測定した。EMCは盛岡計器製で、径4cm高さ約1cmの円筒体の片面に、径3.5mmの受感部が1.7cmの距離を置いて対をなしてセンサー部をなし、それが径1.4cm長さ10cmの支持棒を経てアンプ部につながっている。またその時定数は、0.1~0.2sである。なお、データは全て同時測定で、サンプリング間隔は0.2sである。

図-2は、各測点での $u$ と $u_w$ の間のコヒーレンスの実測値およびそれを数値フィルター化した後再合成したものを示す。スペクトル計算はBlackman-Turkey法による。数値フィルターの打ち切り項数 $N$ は、フィルター項の相対誤差が1/10以下になるように定めたが、その数は30~50であった。図-3は、各測点での岸向き流速成分に対し、生データ $u$ 、波動成分 $u_w$ 、乱れ成分 $u_t$ の一部分(50秒間)をプロットしたものである。

一見して有力な方法と思えるが、いくつかの問題点がある。1つは低周波側にも $u$ と $u_w$ の相関の小さい部分があり、それが乱れ成分における長周期変動となって現れている。これは、乱れの定義の問題であり、波動に起因するより高周波側の乱れを問題にするならば、さらに数値フィルターを用いることにより解決する。2つ目は、図-2における高周波数でのフィルターの落ち方が緩やかなために、波動と乱れの間の独立性に問題を生じることである。例えば両者のパワーの和は全体のパワーとはならないことになる。この問題は未解決である。また沿岸成分 $v$ についてどう扱うかも残された課題である。

最後に、図-3から言えることは、1)乱れは砕波帯外(L-2)では強度も低くかつ高周波成分を含まないこと、2)砕波にともなう乱れは波峰通過時に著しいこと、3)T-3地点で、波峰の立ちあがりの鋭い場合は乱れは表層でのみ著しく、立ち上りの緩い場合は底層まで乱れていることなどである。いずれも乱れは主として砕波により生ずること、そしてその乱れは水表面で作られて進行にともない内部に到達していることを示しており、妥当な結果であり、方法の有効性を示している。なお、L-1地点の乱れにはノイズが含まれていると思われる。

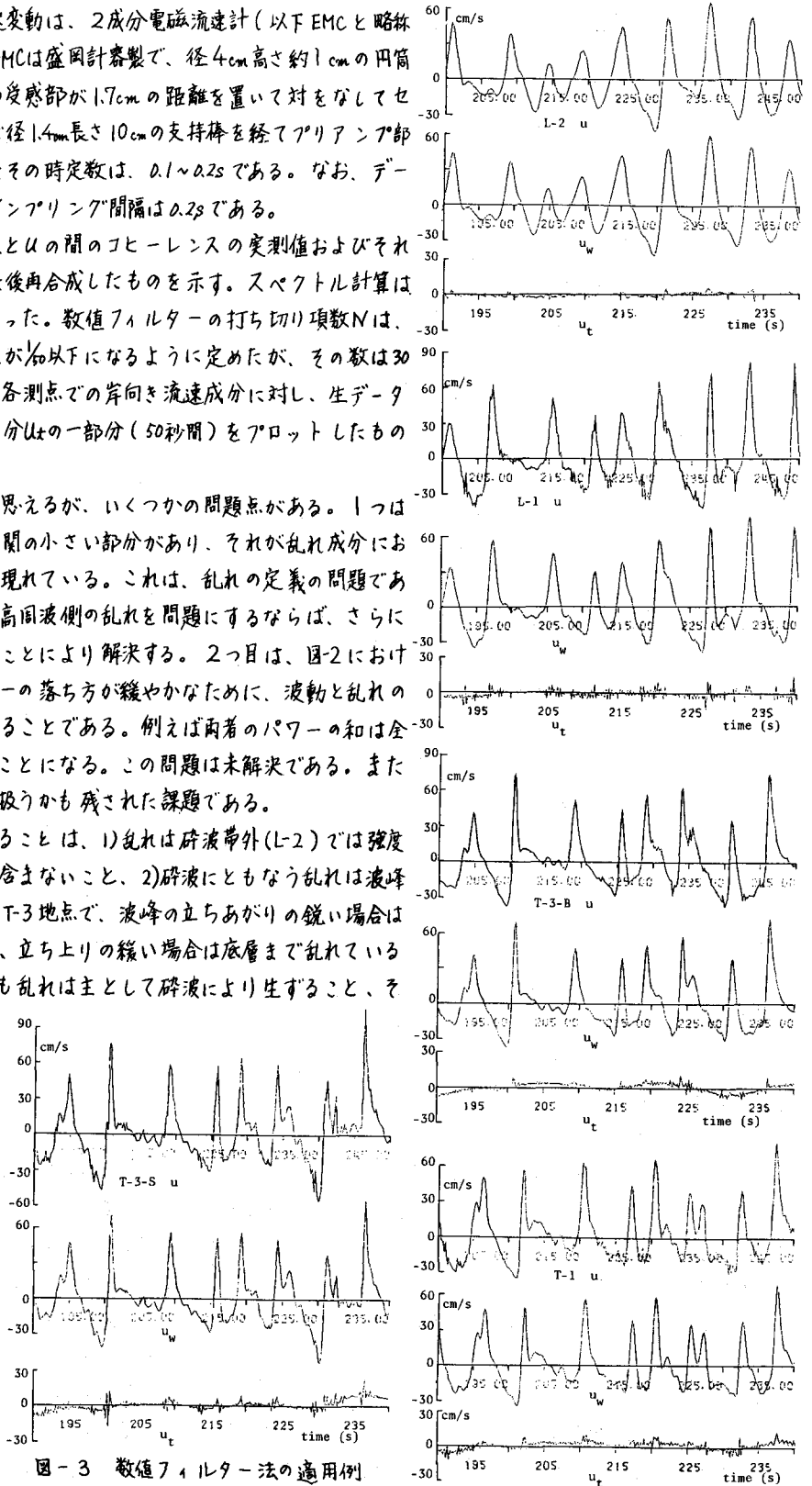


図-3 数値フィルター法の適用例