

Transition wave の伝播について

鳥取大学 工学部 正員 木村 晃
鳥取大学 大学院 O 学生員 井本 雄三

1. はじめに 通常、不規則波は無数に多くの規則波が重なり合っでできていると考えられることが多い。しかしながら、最近岩垣並びに著者らは浅海域における不規則波に対しては、この概念の適用できない場合があることを見出した。すなわち、互いに隔たった二点で測定した記録をもとにクロススペクトル解析を行い、各成分波のコヒーレンスについて検討したところ、二点間の距離が隔たるとつれて急激なコヒーレンスの低下があることがわかった。この現象は波の非線形性、方向分散を考慮しても

説明できない程急激なものである。著者らは、この特性を説明するため浅海域の不規則波に対して次のようなモデルを提起した。すなわち“不規則波は数波の波列が一つの波群をなし、これがあたかも規則波の波列の front wave 付近の波のように、その周波数に対応した群速度で伝播して行く”と云うものである。本研究は、この概念の妥当性を検証するために実験的な検討を行ったものである。

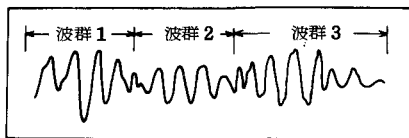


図 1

2. Transition wave 図1は風洞水槽を用いて発生させた風波の時間記録の一例である。図の上部に示したように、この波形は三つの波群に分けることができる。個々の波群に含まれる波の振幅は徐々に大きくなり、やがてまた小さくなる。また波群の中央部では、周期が相互に比較的好く似ている波が続くという共通点が見られる。前述したモデルは図1の不規則波形を図2に示すような相互に独立な三つの波群からできていると考えるものである。

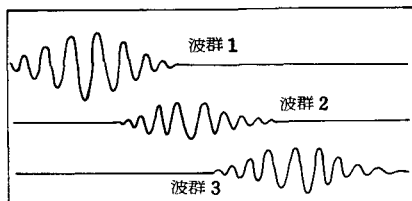


図 2

図2に示したような波は通常 transition wave と呼ばれるもので、自然界では例えば地震、静穏な水面に小石を投げた時に見られる波であり、実験室内では造波板を数回程度駆動させることで発生させることができる。ここでは、実験水槽で造波板の周期・振幅を数周期だけ駆動させて、図2のような波群の重なり合った状況を作り、その伝播特性について検討を行った。しかし、機械的に波群を発生させる方法には種々の制約があるので、ここでは次式で示される高山による非定常造波理論による検討も併せて行った。

$$\zeta = - \sum_{n=0}^{\infty} A_n(t) \cdot \cos \frac{n\pi}{\ell} x \cdot \sinh \frac{n\pi h}{\ell} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{ここに、} A_n(t) = - \frac{2[1 - (-1)^n]}{n\pi \cosh(n\pi h/\ell)} \left[f(t) - \omega_n \int_0^t \sin \omega_n(t-\tau) f(\tau) d\tau \right] \quad \text{----- (2)}$$

$$\omega_n^2 = g \frac{n\pi}{\ell} \tanh \frac{n\pi h}{\ell} \quad \text{----- (3)}$$

(2)式の $f(t)$ が造波板の変位である。

3. 実験結果の検討 図3は $f(t)$ を次式のように与えた場合の水面変動の実験値と理論値の比較を行ったものであり、

$$f(t) = \begin{cases} B \cdot \sin(2\pi t/T) & 0 \leq t \leq 5T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

上から順に造波板から 40 cm (A 点)、5 m (B 点)、10 m (C 点) の各点における比較結果を示したものである。図からわかるように、各点とも両者は比較的良好な対応を示している。図4は図3に示した A、B、C の

三点での水位変動の実験値をスペクトル解析したものである。

図から明らかなように、ピーク周波数付近ではスペクトル値は三点ともほぼ完全に一致していることがわかる。理論値に対して行った解析もほぼ同様であった。この結果のみを見ると、伝播に伴う成分波のエネルギーには、ほとんど変化がなく、見かけ上、従来の不規則波に対する線形重ね合わせ理論が適用できるかのように見える。しかしながら、図3に見られるようにデータは非定常であり、元来は図4のような解析にはなじまないものである。逆に言えば、スペクトル値が一定であるということは、必ずしも成分波の概念が成立することを裏付けるものではないことになる。事実、前述したA、

B、C三点の同じ波について、クロススペクトル解析を行いA-B、B-C及びA-Cのコヒーレンスを計算したところ、図5のような結果を得た。横軸の l/L_n は二点間の距離 l と微小振幅波理論から求めた波長 L_n との比である。図からわかるように、データはかなり大きくばらついてはいるが、 l/L_n の増加とともに、わずかに減少する傾向が見える。しかし、このデータは図3の1つのtransition waveについて検討したものであり、 l/L_n の大きい部分は先に著者らの提案した有効周波数帯をはずれているデータである。この点を改善するために波群の波高・周期を次のように造波機を操作して変化させて、波を発生させ、それに対して図5と同様な解析を行った結果を示したのが図6である。

0 ~ 1 sec · T = 0.5 sec, 1 sec ~ 3 sec · T = 0.75 sec,
3 sec ~ 9 sec · T = 1.25 sec, 9 sec ~ 12 sec · T = 0.8 sec,
12 sec ~ 19 sec · T = 1.5 sec, 19 sec ~ 23 sec · T = 1.0 sec

である。但しBは2cmと一定にした。図からわかるように、データのばらつきは小さくなり、 l/L_n の増加とともにコヒーレンスの値が徐々に低下していることがわかる。これは著者らが先に不規則波に対して同様の解析を行って得た結果とほぼ同じである。このように図4に見られたばらつきが小さくなり、ほぼ一定の傾向を示しているのは上述したように発生波の周期が変化することにより、見かけ上、有効周波数帯がなくなったことによるものである。図5のように l/L_n の大きな部分でCOHの値がかなり大きい点はプロットされているのは、波高の高い波が通過した後に周期の短い小さな波がしばらくの間存在していることに対応するものであろう。以上のことから、最初に示した波群のモデルは、ある程度の妥当性を持っていると考えてよい。

参考文献： 岩垣・木村：浅海域における不規則波の分散特性について，京都大学防災研究所年報 第20号 B-2，1977，pp.493-512

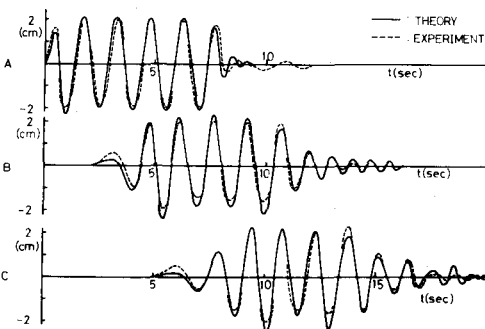


図 3

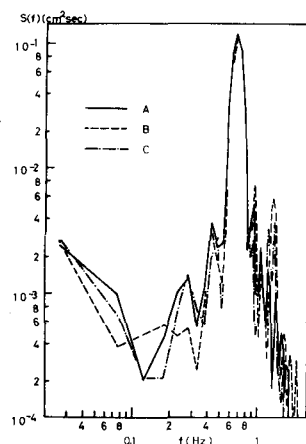


図 4

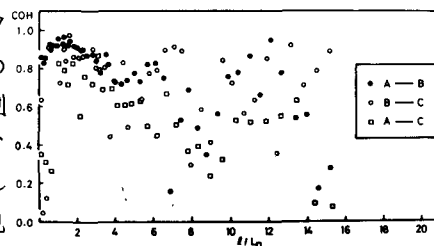


図 5

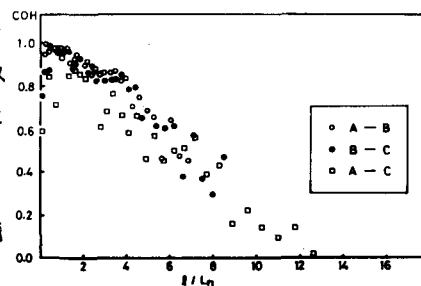


図 6