

深海における不規則波の進行にともなり変形について

大阪大学工学部

正員

榎本 亨

学生員

田端竹千穂

1. まえがき: 現在海洋・海岸構造物の計画に際しては、不規則な性状をもつ風浪を確率的な規則波にあてがえて設計における諸量の決定を行なっている。しかし海洋波をその本来の姿により近い不規則波として取扱い、より経済的に、より安全な計画・設計の重要性がさげほれ、またその理論の解明も行なわれつつある。本研究もその研究の一環として、まず深海での減衰域における不規則波の進行にともなり変形を、そのパワースペクトルの変形としてとらえ、実験結果と理論の相違について考察を進めたものである。

2. 実験及び解析方法: 実験に用いた不規則波発生機は、ホワイトノイズ発信器の出力信号を、狭帯域濾波器を通し、フラップ型造波機を駆動せしめるものである。発生波高は図-1に示すように、水深60cmで造波板からの距離2.3m, 14.4m, 26.5mの3つの測点I, II, IIIに設置した波高計を通して、テーターレコーダーにより磁気テープに記録した。この測定点間の波高変化より、(1)式を用いてスペクトルの各成分間における非線形効果にもとづくエネルギー移行を求め、Hasselmannの理論式をBarnett & Neumann スペクトルに対して適応した計算式(2)の値と比較した。なお波浪の解析はTukeyの方法を用い自由度100としてスペクトルを求め、周波数の正の部分のみでスペクトルを定義し、その面積が水位変動の二乗平均と等しくなるようにしている。

<エネルギー移行の実測値算定式>

深海波としてとりあつかっているので、スペクトルの零外へのエネルギー遷移率をDとすると、スペクトルの時間的変化は次式で表される。

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = Cg \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} + D \Phi(f) \right) \quad (1)$$

ここに、 Φ : スペクトル, f : 周波数, Cg : 群速度である。

本論においては、Dとして内節粘性による効果及び側面摩擦による効果を考慮して次式で求めた。

$$D = \frac{256 \sqrt{\pi} f^5}{g^3} + \frac{8 \sqrt{\pi} f^3}{g B} \quad (2)$$

ここにBは水路中、 ν は水の動粘性係数である。

<エネルギー移行に関する、Barnett の計算式>

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = \Gamma - \Gamma \Phi(f) \quad (3)$$

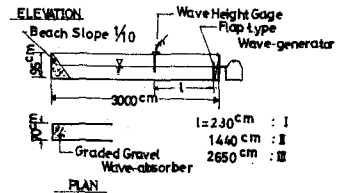


図-1

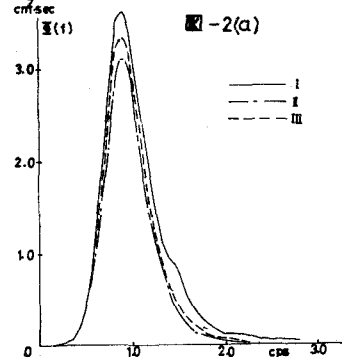


図-2(a)

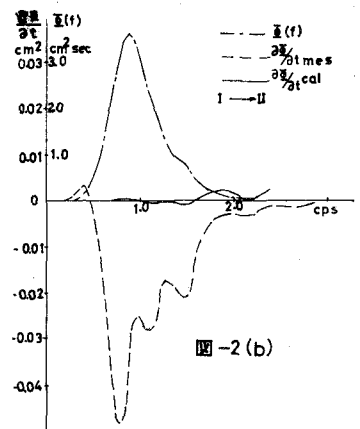


図-2(b)

(3)式において右辺第一項はスペクトルの他の成分より流入するエネルギーを表わし、第二項は他の成分への流出エネルギーを表わすもので、 P 及び T は方向スペクトルを($\frac{8}{3}\pi$) $\times \cos^2\theta$ とすれば次式で与えられる。

$$P = \frac{4.4 \times 10^8 E^2 f_0^8}{g^4} \cdot \frac{3\pi}{8} (1 - 0.42 \frac{f_0}{f})^3 \times \exp[-4(1 - \frac{f_0}{f})^3 + 0.1 (\frac{f_0}{f})^5]; f > 0.42 f_0 \quad (4)$$

: otherwise

$$T = \frac{7.5 \times 10^7 E^2 f_0^7}{g^4 f} (1 + \frac{8 \times 16^2}{45\pi}) (f - 0.53 f_0)^3; f > 0.53 f_0 \quad (5)$$

: otherwise

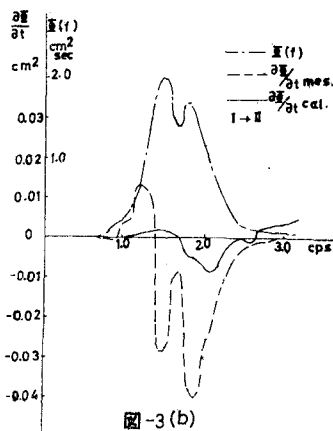
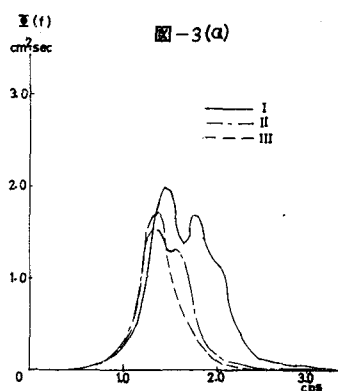
(4), (5)式中の E , f_0 は全エネルギー及び平均周波数であって次式で与えられる値である。

$$E = \int \Phi(f) df, \quad f_0 = [\frac{1}{E} \int f^2 \Phi(f) df]^{1/2}$$

3. 解析結果: 不規則波流装置で測定された代表的なスペクトルの特性は表-1に示す通りである。

表-1

	測定	全エネルギー cm^2	最大ロー周波数	備考
A	I	2.350	0.90	
	II	1.832	0.90	
	III	2.016	0.90	
B	I	1.763	1.50	造波機前面に碎波あり
	II	1.074	1.40	
	III	0.905	1.40	

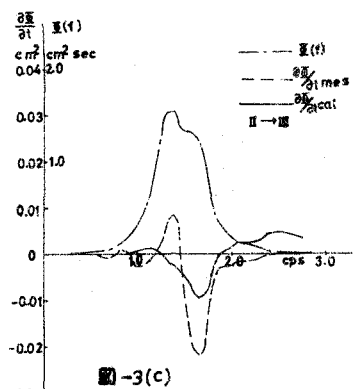


実験の結果を大別すると表-1及び図-2と図-3で示すように2種類に別けることができる。

A: 単一ローをもつためらかなスペクトルで、図-2(a)に示すようにそのローは比較的低周波数側にあり、進行にともなうローの周波数の変化がなくほぼ相似形を保ちつつ減衰するもので、またその場合非線型効果によるエネルギー移行の値は、図-2(b)に示されるように全く一致していない。

B: 二つのローをもつスペクトルで、図-3(a)に示すようにその最大ローは比較的高周波数側にあり、その低周波側へ移動しつつその形がAの形に近づきつつ減衰する形で、この場合は図-3(b), (c)に示すように、上述の非線型効果によるエネルギー移行の値は、計算値と実測値とが比較的良好に一致している。このA, Bの波の状態をみてみると、Aの波は波形勾配が比較的小さく、全般に穏やかな波であり、これに対しBは波形勾配が比較的大きく造波機前面において波が非常に乱れ、中には碎波するものも少なくなかった状態である。

4. 考察: スペクトルの変化に及ぼす原因は現在のところよくわからないが、造波板前面で砕波をまじり易い高周波数領域にローフのある波(先述のB)は十分発達した波と考えるとよく、このため十分発達した波については光島などの風浪の実験結果でもあらわれるローフの移動がみられただけではないかと考えられる。非線型効果の計算値と実測値の一致度も、Barnettの計算値が十分発達した波という仮定にもとづいてのものであるので、高周波数側にローフの存在する波が、図-3(b)及び(c)で示すように比較的一致することから上述の波の発達程度とから考えておられるべきであろうと説明つくようである。これに対して砕波をまじらない波形勾配の比較的小さい波(A)の場合は本造波装置では十分発達した波とはいえない状態ではなかったかと考える。



なお、上記スペクトルのローフの移動に関しては、 $f=1.3 \text{ cps}$ のローフを示す波の場合、水深、 $h=60 \text{ cm}$ ではみられなかったローフの移動が水深を浅くした $h=50 \text{ cm}$ 、 40 cm の場合には正にしていることから、水深を浅くすることによって波が発達し易くなるということがあるかもしれない。

また図-2(a)において、測点Ⅲのスペクトルが測点Ⅱのスペクトルより大きいのは、反射の影響であり、低周波側にローフをもつスペクトルを発生させる場合、とくに消波機能に注意を払わなければならない。

5. 結論: 以上本学において試作した造波装置の性能もスペクトルの変化の面からとらえて従来の風浪スペクトルを十分再現しうるかという点を論じたわけであるが、なお他の風浪資料及び、実測資料と比較検討するとともに、上述の水深の効果、さらには浅海領域における波のスペクトルの変形を検証していきたいと考えている。

最後に、本研究において実験及び計算に多大の協力をいただいた学部学生の大串昇君に深甚の謝意を表するとともに、本研究の一部は科学研究費で行われたことを付記しておく。

6. 参考文献:

1). Hasselmann, K (1962)

On the non-Linear energy transfer in a gravity-wave spectrum: Part 1. General theory. J. Fluid Mech. 12, 481-500

2). Barnett, T.P. (1968)

On the generation, dissipation and prediction of ocean waves. J. Geophys. Res. Vol. 73, No. 2, 513-29

3). Mitsuyasu, H (1968)

A note on the nonLinear energy transfer in the spectrum of wind-generated waves, Report of Port & Harbour Technical Research Institute, No. 54