

京都大学工学部 正員 岩垣 雄一

京都大学工学部 正員 ○木村 晃

1. まえがき： この研究は、電気油圧式不規則波発生装置を用いて、実験室で現地波浪と同様なスペクトル構造を持つ不規則波浪を発生させることを試みたものであり、期待スペクトルとして、深海において十分発達した不規則波浪のスペクトルである Neumann スペクトルを選らび、そのスペクトル形をシミュレートしようとしたものである。

2. 実験装置および方法： 実験に用いた水槽は、幅 50cm、高さ 70cm、長さ 27m の両面ガラス張り水槽である。この水槽の一端には電気油圧式不規則波発生機が設置してあり、他端には $1/3$ 勾配のアルミメッシュ製スロープの上にステラシートを張ったものを置き、消波工とした。また、不規則波発生機より 6m の水槽中央に電気抵抗線式波高計を置き水位を測定した。なお水深は 40cm とした。不規則波発生機の原理ならびにその造波特性に関しては、すでに報告したが¹⁾、ランダムノイズでネレターにより電氣的に不規則雑音を発生させ、この信号を 0.2 ~ 5.0 cps の間を $1/3$ oct. 間隔で分割する 15 本のバンドパスフィルターにより構成されるユニットを通過させることにより、所要の周波数域における不規則信号を得、それにより造波板を駆動させるものである。このバンドパスフィルターの有初周波数幅は、中心周波数幅に対し $\pm 12.5\%$ であり、その外側の周波数域では 80dB/oct. の割合で入力信号を減衰させる。このため、期待スペクトルをシミュレートする際には、中心周波数の異なるいくつかのフィルターを組みあわせて使用した。今回期待スペクトルとして選んだ Neumann スペクトルは、一般的に次式で表わされる。

$$S(f) = C_1 f^{-6} \exp(C_2 f^{-2}) \quad (1)$$

ただし、 f は周波数 (cps), C_1, C_2 は定数である。(1)式をスペクトルのピーク周波数 f_p とスペクトルのピーク値 $S(f_p)$ を用いて書きかえると、

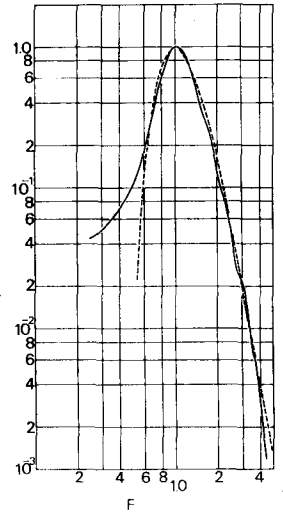
$$S'(F) = S(f_p) F^{-6} \exp\{3(1-F^{-2})\} \quad (2)$$

となる。ここに $F = f/f_p$ である。今回の実験においては、 $f_p = 0.2$ cps とした。

実験はつきに述べる手順で行った。まず、予備的な段階として各バンドパスフィルターの出力特性を明らかにしておき、(I) Biesel-Suquet の造波特性に関する理論をもとにして、(2)式で示されるスペクトルをシミュレートすべき造波板の駆動スペクトルを決定する。(II) 造波板の駆動スペクトルを各周波数域におけるエネルギー密度の比を求め、それをもとにして各バンドパスフィルターのゲインを決定し、造波板を駆動させる。

3. 解析方法： 上記のような方法で得た水面変動の記録を磁気テープに記録し、A-D変換器により 0.08 sec 間隔でデジタル化し、Blackman-Tukey の方法によりデータ点数 3000、自由度 40 のパワースペクトルを計算した。

4. 実験結果および考察: 2.で示した方法により得させた不規則波浪のスペクトル図が図-1である。図中の実線は水面変動のスペクトル、破線は(2)式である。両曲線とも $S(f_p)$, f_p を用いて正規化し、図示した。図より明らかなように、低周波域を除いて破線と実線はよく一致しており、結果が良好であることがわかる。



5. 確率特性に関する考察: CartwrightおよびLonguet-Higginsの理論的研究によれば、不規則波の水位の極大値 η の確率分布 $P(\eta)$ は次式に従う。

$$P(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\epsilon e^{-\frac{1}{2}\eta^2/\epsilon^2} + (1-\epsilon^2) e^{-\frac{1}{2}\eta^2} \int_{-\infty}^{\eta(1-\epsilon^2)^{1/2}/\epsilon} e^{-\frac{1}{2}x^2} dx \right] \quad (3)$$

ここで、 ϵ はスペクトルの幅を示すパラメータである。

前述した Neumann スペクトルにおける ϵ の値は 0.77 であり、図-2 は (3) 式をもとにして作成した $\epsilon = 0.77$ の確率紙であり、図中に、図-1 で示したスペクトル構造を持つ不規則波浪の時間記録における水位の極大値 η の超過確率をプロットしたが、ほぼ直線上に載っている。この他にも、予備実験において、各種の ϵ の値に対して ϵ と同様な検討をおこなった結果、ほとんどすべての場合に (3) 式に従うことがわかった。また、図-1 の同じ記録に対して、ピロアップクロス法を用いて波高を読み取り、その超過確率を Rayleigh 確率紙にプロットしたものが図-3 である。図より明らかなように、各点ほぼ直線上に載っており、Rayleigh 確率分布をしている。前述した予備実験の結果に対してピロアップクロス法を適用し、その確率特性を検討したところ、 ϵ の値にかかわらず Rayleigh 分布に従うことがわかった。以上の結果より、スペクトル形とのかねあひにおいて、不規則波浪の振幅の確率特性を論議する場合、(3) 式による検討が必要と考えられる。

図-1 Neumann スペクトル

6. あとがき: 以上示したように、比較的簡単に所定のスペクトル形をシミュレートすることができた。確率特性に関する検討も、結果が良好であることを示している。今回の研究においては、期待スペクトルのスペクトル形のシミュレートとその目標としたが、今後は縮尺率も考慮したシミュレートが必要となるであろうが、まったく同様の手法によりシミュレートが可能であると考えられる。なお、この研究は文部省科学研究費による研究の一部であることを付記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 岩田雄一、村上仁二、酒井哲郎、木村晃: 電気油圧式不規則波発生機について、土木学会第25回年次学術講演会講演集, pp.3-6, 昭:45.

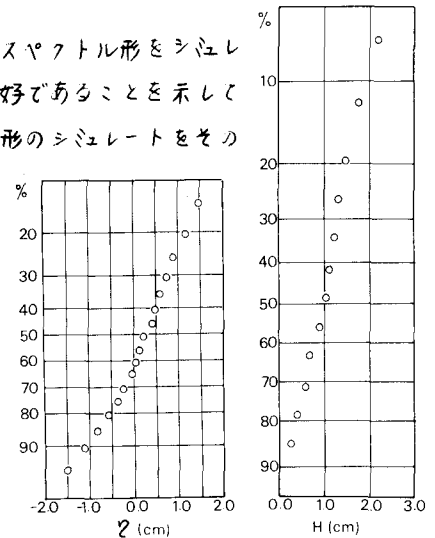


図-2 水位の極大値の超過確率分布 図-3 波高の超過確率分布