

II-57 三次元造波水槽における多方向不規則波の再現性

室蘭工業大学大学院 学生員 樋口 哲哉
 室蘭工業大学工学部 正会員 近藤 俣郎
 北日本港湾コンサルタント 梅沢 一之

1. はじめに

海の波は、波高、周期、波向の異なる多数の波の重ね合わせからなる多方向不規則波であり、実験水槽内にこの様な不規則な波浪場を再現することは波浪に関する水理模型実験上重要である。従来、平面水槽でも一方向の不規則波浪場に関する実験が主であった。しかし、多方向不規則造波システムの開発により実海域を想定した多方向不規則波浪の再現が可能になり、近年、多数の研究機関に導入されてきている。多方向不規則造波装置には離散型と連続型があり、前者では造波板間が不連続であり、多方向不規則波の成分波である斜め規則波の再現性に問題がある¹⁾。本学では、後者の連続型であるスネーク式造波システムを平成4年に導入し、その造波性能について、研究を行ってきた。本研究では、多方向不規則波の再現性について、方向スペクトルを測定し得られた方向分布関数と波高分布から本実験水槽における有効造波領域を定義し、多方向不規則波の再現性について検討するものである。また、現地データの取得を行い実験値との比較を行っている。

2. 実験装置

実験に使用した三次元不規則造波装置((株)テトラ製)(写真-1)は、11基のピストン型の造波機が10枚の造波板で連結され、造波板間の接続部で駆動するリンク型(連続型)である。リンク型(連続型)の造波装置は、離散型に比べ斜め波の造波が効率的とされている。尚、本造波装置は位置制御、吸収制御の切り替えが可能である。実験水槽(図-1)の内側寸法は長さ20m、幅7.6m、深さ0.5mである。また、水槽側壁沿いには反射波軽減のために金網式直立消波工を設置し、造波機後方にはブロック壁を設置している。測定には容量式波高計を用い、水槽に完備されている台車によって移動している。



写真-1 造波装置

3. 実験方法

3.1 波高分布の測定

水槽内に再現した多方向不規則波浪場の波高分布状況を調べるために、波高計を50cm間隔で格子状に設置し、その地点での有義波高を測定した。データは、サンプリング間隔40msecで2048個収集した。また、造波信号はダブルサンメーション法により作成し、作成時の周波数スペクトルにはBretschneider-光易型を用いた。実験条件を表-1に示す。

表-1 実験条件

有義波高 (cm)	3
有義周期 (sec)	0.8, 1.2
方向集中度パラメータ	10, 25
波向き角度	90

Reproductivity of Directional Random Waves in a 3D Wave Basin
 by Testuya Higuchi, Hideo Kondo and Kazuyuki Umezawa

3.2 方向スペクトルの測定

多方向不規則波を造波した際の水槽内における方向スペクトルの変動性を調べるため、図-1に示す水槽内の各地点に4本の波高計を用いて星型アレイを組み、得られた波形の時系列データから修正最尤法 (EMLM) により方向スペクトルを推定し得られた結果から (1) 式, (2) 式により方向分布関数を求め、目標とする波浪の方向分布関数との比較を行った。また、方向分布関数のピーク値及びピーク波向について、その動向を調べ検討を行った。尚、目標波の方向分布関数には (3) 式～ (5) 式に示す光易型を用いた。

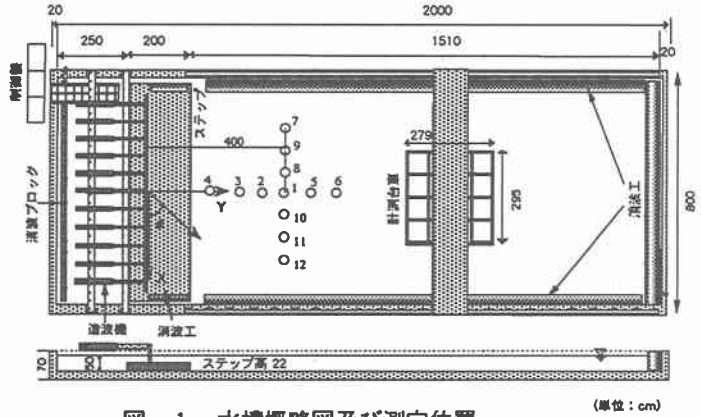


図-1 水槽概略図及び測定位置

$$S(f, \theta) = S(f)G(\theta / f) \quad (1), \quad \int_0^{2\pi} S(f, \theta) d\theta = S(f) \quad (2)$$

$$G(\theta / f) = G_0 \cos^{2.5} \left(\frac{\theta - \theta_a}{2} \right) \quad (3), \quad G_0 = \left[\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} \cos^{2.5} \left(\frac{\theta - \theta_a}{2} \right) d\theta \right]^{-1} \quad (4)$$

$$S = S_{\max} (f/f_p)^5 \quad (f < f_p) \quad (5)$$

$$S = S_{\max} (f/f_p)^{-2.5} \quad (f > f_p)$$

上記の式において、 θ は主波向角度、 f は周波数スペクトルのピーク周波数を表わす。

3.3 実海域の方向スペクトルとの比較

実海域の方向スペクトル観測には室蘭絵鞆岬にある本学波浪発電装置実験プラントのケーソン前方約 17.5m 沖に多機能型波浪計測器 (写真-2) を設置した。方向

スペクトルの推定には水平 2 成分流速と波形データから最大エントロピー原理法 (MEP) を用いて推定した²⁾ものを対象に実験水槽内でのシミュレーションを行い、比較検討を行った。尚、縮尺はフルード相似則に従うものとする。

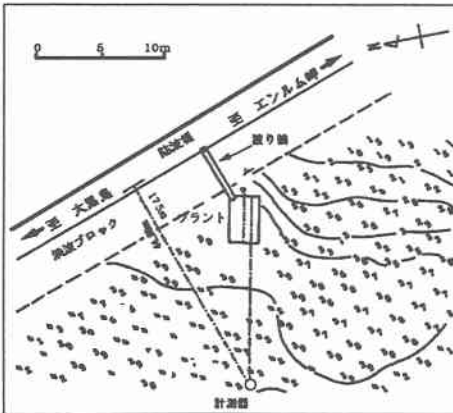


図-2 計測器設置位置

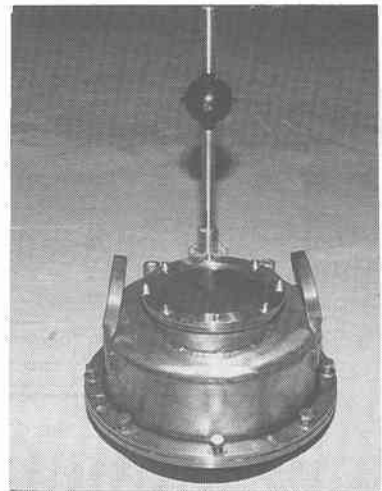


写真-2 多機能型波浪計測器

4. 結果及び考察

4. 1 波高分布の測定実験

波高分布の実験結果の例を図-3, 図-4に示す。波高分布の形状から, 目標波の波高が再現される領域は三角形状になり, その領域の範囲は周期, 方向集中度パラメータ S_{max} によってそれぞれ違う, 周期に関しては長い方が若干広く得られる。また, その傾向は方向集中度パラメータ S_{max} による相違はみられない。方向集中度パラメータ S_{max} に関しては大きい方が一様領域を広く得ることができる。これは, 方向集中度パラメータ S_{max} が増すにつれ一方向性が強く現われるためと思われる。ここで目標波高の有効造波領域を定義し, 図-3, 図-4中に示す。

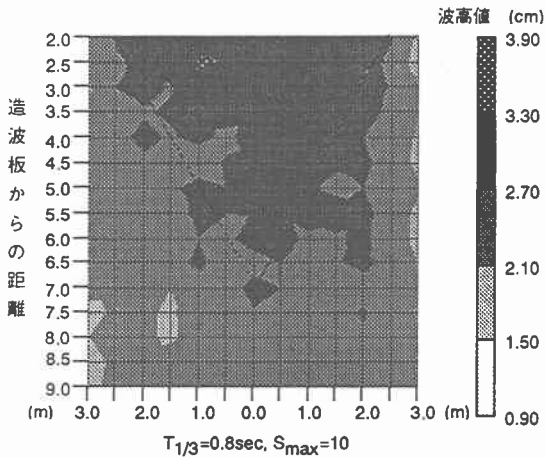


図-3 波高分布図1

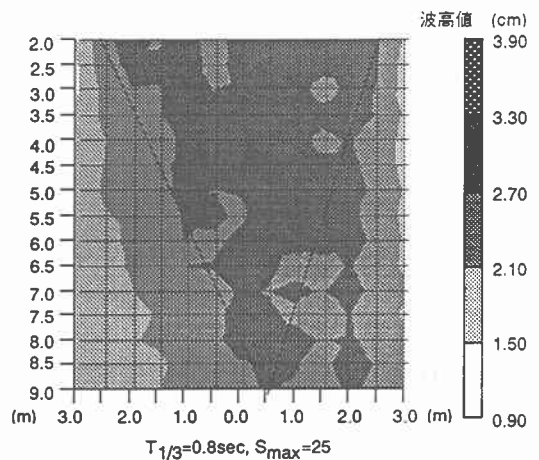


図-4 波高分布図2

4. 2 方向スペクトルの変動性

方向スペクトルの空間的変動性を調べるために, 方向分布関数のピーク値及びピーク波向角度について縦断方向及び横断方向の分布を調べ, 結果を図-5, 図-6, 図-7, 図-8に示す。これらの結果から水槽中央の縦断方向における方向関数のピーク値は目標値に対して変動が見られるが前後1割強を許容とすれば, 造波板から約5m程度までは有効であると思われる。横断方向では, 造波板から3.1m, 4.1mの二つの断面について調べたが, 前者の断面での方向関数のピーク値の一様範囲は造波板総長の約5割程度であり, 後者の断面では約2割程度である。また, ピーク波向角度についてはほぼ一定して目標波向角度が再現されている。

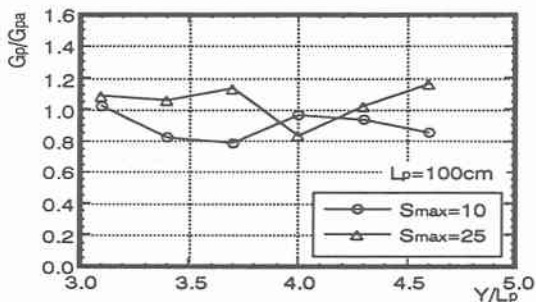


図-5 方向分布関数のピーク値の変化1
($T_{1/3}=0.8\text{sec}$)

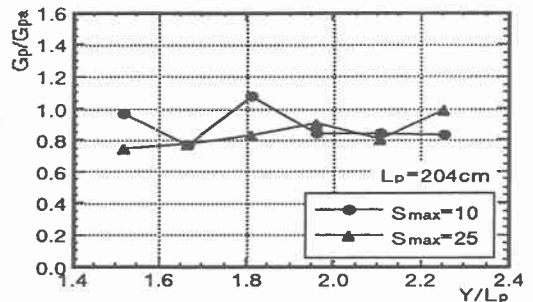


図-6 方向分布関数のピーク値の変化2
($T_{1/3}=1.2\text{sec}$)

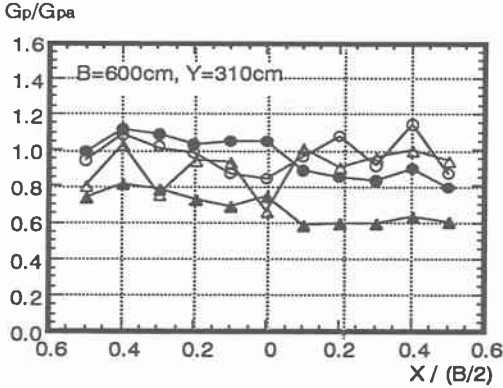


図-7 方向分布関数の横断方向変化

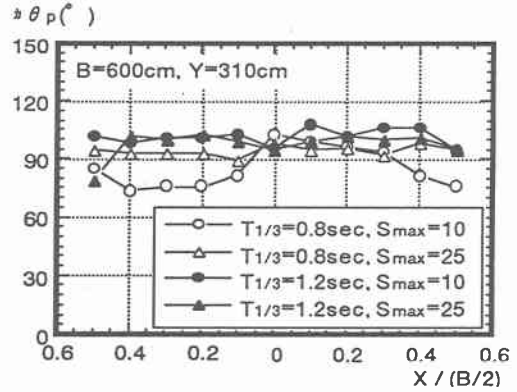


図-8 ピーク波向角度の横断方向変化

4.3 実海域の方向スペクトルとの比較

MEPにより推定した実海域の方向スペクトルとそのピーク周波数における方向分布関数を図-9, 図-10に示す。方向分布関数の形状からこの波浪の方向集中度パラメータ S_{max} は約 25 であると思われる。また、方向スペクトルから有義周期 $T_{1/3}=3.5\text{sec}$, 有義波高 $H_{1/3}=0.3\text{m}$ であると思われる。これらの緒言からフルード相似則に従って縮尺したものを実験水槽内で再現することを試みた。実験により得られた方向スペクトルから方向関数を求めたもの図-9に示す。実験値は計算値とおおよその一致を示し、本造波装置による多方向波の造波性能として、本実験で対象とした波浪に関しては十分であると思われる。

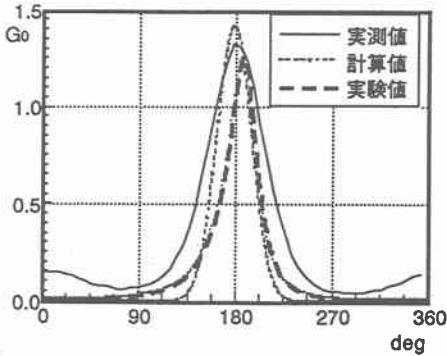


図-11 方向分布関数

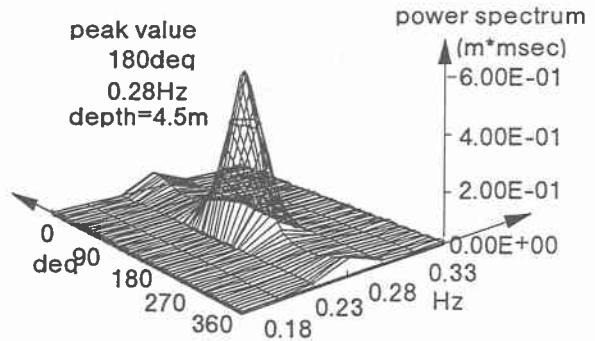


図-12 実海域の方向スペクトル

5. まとめ

- 1) 本実験水槽における標準的な方向スペクトルの有効造波領域は、方向集中度によりそれぞれ異なるが $S_{max}=10$ の場合、造波板から約 5 m 以内、 $S_{max}=25$ の場合、約 7m 以内である。
- 2) 本造波装置による多方向不規則波の造波は方向集中度の低い風波では、ほぼ再現できるとと思われる。

参考文献

- 1) 平石 哲也 (1992): 多方向不規則波の発生とその応用に関する研究, 港湾技研資料 No.723, pp.3-55
- 2) 橋本 典明 (1992): 海洋波の方向スペクトルの推定法に関する研究, 港湾技研資料, No.722, pp.21-34
- 3) 橋本・永井・浅井・菅原 (1993): 方向スペクトルの推定における最大エントロピー原理法 (MEP) の拡張, 海岸工学講演会論文集, 第 40 巻, pp136-140