

(株)建設技術 正会員 富士川 洋一
大阪大学工学部 正会員 横不 亨
大阪大学工学部 正会員 名田 好一郎

1. 緒言：複数の異なる周期と波長を有する波が重なった場合、特定の組合せを有する合成波においては成分波の非線型相互干渉により、新たな干渉が発生することが、Longuet-Higgins⁽¹⁾らによれば報告されている。本研究においては、浅海域に着目し、個々に独立した2成分波を発生させ、その結果、発生した3次干渉波の特性を主として水理実験により検討したものである。

2. 実験装置と実験方法：実験は、図-1に示す「片面ガラス張り」の屋内鋼製造波水槽について行なつて、2成分波の発生は、2台のFUNCTION GENERATORを用い、正弦波の電気信号を外部入力として、動電型フリーパス造波機を駆動させて発生させた。波高の計測には、電気抵抗式波高計を用い、波形の記録には、DATA RECORDERを使用した。実験方法としては、まずFUNCTION GENERATORにより、各々の成分波を発生させ、次に2成分合成波を2台のFUNCTION GENERATORの電圧を各成分波ごとに一定に保ち発生させた。T1: 2成分波が、互いに独立であることは、予備実験により確認されている。図-1に示すように、沖側から岸側にN.O.1～5の5本の波高計を設置し、同時に計測を行なつた。計測時間は、岸側の波高計に波が到達し、波形が安定して後の約60分間としている。

3. 解析方法としてはDATA RECORDERで記録して、水位変動信号を5点同時に $1/10$ secで20秒間サンプリングし、離散化解析法を用いて、各成分波の波高スペクトルと位相スペクトルを算定した。T1: 実験周期は、2成分波のうち一方(+)を $+1.05\text{ sec}$ に固定し、他方(+)を $0.50\sim2.00\text{ sec}$ まで変化させ、水深 20 cm として計30種目行なつて。

3. 実験結果とその考察：基本用意波 f_1 と f_2 の2つの波が、相互干渉することにより形成される非線型干渉波は、一般に f_1+f_2 , f_1-f_2 , $2f_1+f_2$, $2f_1-f_2$, $2f_2+f_1$, $2f_2-f_1$, ..., 等の周波数を有する成分波として表される。また非線型干渉波が生じる以上に、基本用意波を有する個々の単一成分波は、微振幅正弦波ではなく高次の高次成分を含む波であると考えられ、本実験においても高次波の発生が、单一成分波について認められていて、二つは、本実験において用いた造波装置では、整正弦正弦波を生起すことがどう下 Stokes波の2次、3次といった高次成分波に対する拘束条件が含まれたものである。单一成分波は、厳密には、有限振幅波となり、二つが高次波の発生に帰因すると考へられる。水位変動位相解析して得られた成分波の振幅スペクトルを示した例が図-2である。図-2に示す $f_1/f_2 = 1.286$ ($f_1 = 1.05\text{ sec}$, $f_2 = 1.35\text{ sec}$)、測点はN.O.1 ($X = 927.0\text{ cm}$) の地点である。2つの自由波で合成された2成分合成波では、自由波の非線型干渉が生じ、 f_1+f_2 ,

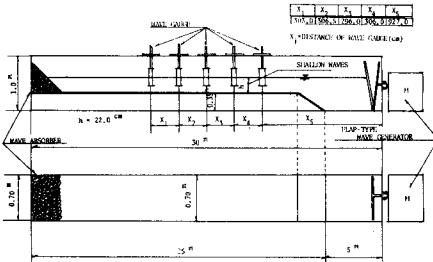


図-1

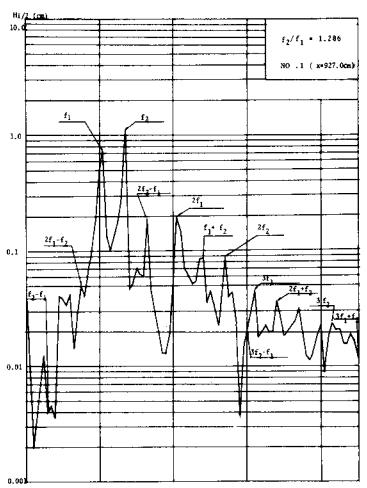


図-2

$f_1 + f_2$, $2f_1 - f_2$, $2f_1 - f_2$, $2f_2 + f_1$, $3f_1 - f_2$, $3f_2 - f_1$, 等の高次の非線型干渉成分が、明らかに形成されている。それと同時に、 $2f_1$, $2f_2$, $3f_1$, $3f_2$ 等の基本成分の調和成分波が含まれていることも認められる。これら非線型成分の中で振幅の大きさ、成分は、 $f_2 - f_1$, $f_1 + f_2$, $2f_1$, $2f_2$, $2f_1 - f_2$, $2f_1 - f_2$, $3f_1$, $3f_2$ であるがその中でも3次干渉波の $2f_1 - f_2$ の振幅が卓越しておらず、2次干渉波の $f_1 + f_2$, $f_1 + f_2$ の成分波より大きい。このことは、他のケースについても同様である。次に図-3, 図-4は、これら3次干渉の発生を周波数比(f_2/f_1)により、 $2f_1 - f_2$, $2f_1 - f_2$ について示した例である。 $2f_1 - f_2$ を示す図-3において(N.O.1の測点 $\lambda = 927.0 \text{ cm}$)、他の測点と同様に、 $0.9 < f_2/f_1 < 1.5$ で4つの顕著なビーグー、 $f_2/f_1 = 0.952, 1.095, 1.286, 1.470$ が認められる。 $2f_1 - f_2$ を示す図-4においては、 $f_2/f_1 = 1.058$ 近傍で顕著なビーグーを示す以外、ほとんどの $2f_1 - f_2$ の発生は認められなかった。次に前述の $f_2/f_1 = 1.286$ の点を着目し、距離の変化に伴う波高の変化を示したのが、図-5である。同図において、2つの主成分波 f_1 , f_2 , 2次成分波のうち $2f_1$, $2f_2$, 3次の差成分 $2f_1 - f_2$, $2f_1 - f_2$ の波高は、すべて下減り復何を示し、とくにその発生が図-2において顕著であった $2f_1 - f_2$ の波高は、 $2f_1 - f_2$ の波高比べて大きい。その波高のオーダーは主成分波の約20%の波高で発生していることが認められる。次にこれらの非線型干渉波が自由波の伝播条件を満たしているかどうかについて、とくに $2f_1 - f_2$ に着目し検討する。各測点における位相スペクトルを求めて $2f_1 - f_2$ の成分波の各測定方向位相差と自由波の位相差(微小振幅海流理論)とを比較したのが、図-6である。丁度、発生波が自由波であるとは定しても、その波長が、実験水槽に比べて、土約10%の誤差が認められ、図中実線は微小振幅海流理論による位相差、破線は土10%の誤差範囲を示している。同図において、 $2f_1 - f_2$ のビーグーを示す $f_2/f_1 = 0.952, 1.095, 1.286, 1.470$ の中で自由波と考えられるのは、 $f_2/f_1 = 0.952, 1.095, 1.286$ の3つであり、とくに $f_2/f_1 = 1.286$ が良好な一致を示している。また、 $2f_1 - f_2$ の成分波に対して、図-4においてビーグーを示す $f_2/f_1 = 1.058$ の波が自由波であることが同様に認められた。これらのことより、自由波である非線型干渉波が、 $0.9 < f_2/f_1 < 1.5$ で生じやすいと考えられる。

4. 結論：本研究における港内波については、 $2f_1 - f_2$ の3次非線型干渉波が卓越しておらず、しかも自由波の伝播条件を満足すると考えられる。そして非線型干渉波が生じ易く、 $0.9 < f_2/f_1 < 1.50$ の範囲の中では、とくに $f_2/f_1 = 1.286$ 近傍でビーグーを有し、その波高のオーダーは、基本成分波の約20%弱であることが判明した。今後更に、詳細な理屈解析を加える必要があると考えられる。最後に、水理実験、つねびとりすとめに尽力していただき、河原先生(奥利根)に謝意を表す。(参考文献)を引く。

M. S. Longuet-Higgins : Resonant interaction between two trains of gravity waves, J. Fluid Mech. 12.

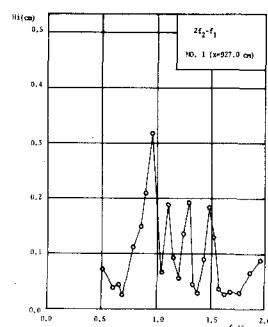


図-3

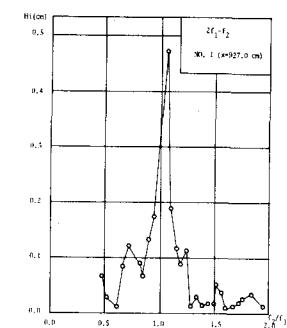


図-4

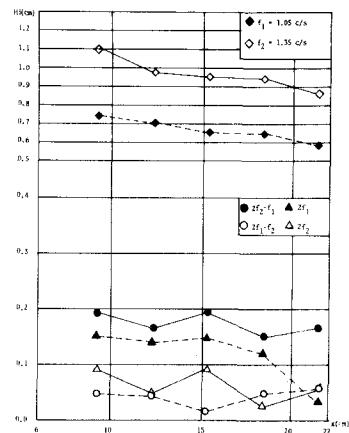


図-5

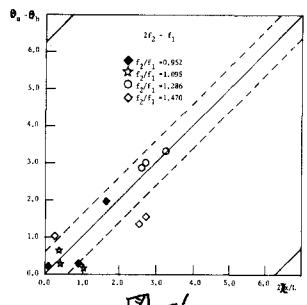


図-6