



$$\begin{aligned}
 & \left[ u - \frac{(h+\bar{z})^2}{3} \nabla^2 u \right] \bar{n}_x - [(h+\bar{z}) \nabla u] \bar{n}_z \\
 & - \bar{n}_x \left[ \dot{X}_1 + \bar{z} \dot{X}_3 - \dot{X}_2 X_3 - \frac{1}{2} \dot{X}_1 X_3^2 + \frac{1}{6} \dot{X}_2 X_3^3 \right] + \bar{n}_z \left[ \dot{X}_2 - \bar{x} \dot{X}_3 + \dot{X}_1 X_3 - \frac{1}{2} \dot{X}_2 X_3^2 - \frac{1}{6} \dot{X}_1 X_3^3 \right] \\
 & + \bar{n}_x \left[ \frac{1}{2} X_3^2 u - \left( X_1 + X_3 \bar{z} + X_3 X_2 - \frac{3}{2} X_3^2 \bar{x} - \frac{1}{2} X_3^2 X_1 + (h+\bar{z}) X_3 \right) \nabla u \right. \\
 & \quad \left. + (h+\bar{z})(X_2 - X_3 \bar{x} - X_1 X_3) \nabla^2 u + \frac{(h+\bar{z})^2}{3} X_1 \nabla^2 u \right] \\
 & + \bar{n}_z \left[ -X_3 \bar{u} + (X_2 - X_3 \bar{x} - X_1 X_3) \nabla u + (h+\bar{z}) X_1 \nabla^2 u \right] \quad (\text{on } S_0)
 \end{aligned} \tag{10}$$

であり、運動量式に対応する式が

$$\begin{aligned}
 \frac{p}{\rho} &= \frac{\bar{p}}{\rho} - X_1 \left[ \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{1}{3} (h+\bar{z})^2 \frac{\partial}{\partial t} (\nabla^2 u) + u \nabla u \right] \\
 & - \left( \bar{z} X_3 - \frac{1}{2} X_3^2 \bar{x} \right) \frac{\partial u}{\partial t} \\
 & + (X_2 - \bar{x} X_3) \left[ (h+\bar{z}) \frac{\partial}{\partial t} (\nabla u) \right] \\
 & - g \left( X_2 - \bar{x} X_3 + \frac{1}{6} X_3^3 \bar{x} - \frac{1}{2} X_3^2 \bar{z} \right) \quad (\text{on } S_0)
 \end{aligned} \tag{11a}$$

である。ただし、 $\bar{p} = (p)_{s_0}$  については次式で決定される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial \bar{x}} - \frac{(h+\bar{z})^2}{3} \left( \frac{\partial^3 u}{\partial \bar{x}^2 \partial t} \right) + g \frac{\partial \bar{z}}{\partial \bar{x}} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}} = 0 \quad (\text{on } S_0) \tag{11b}$$

### 3. 計算結果と考察

新たに誘導したBoussinesq方程式(10)および(11)について妥当性を検討するために図-1に示すような台形断面浮体を強制振動させた。数値計算には差分を用いたが、波動場領域と浮体下領域の境界点においては流速 $u$ および水位変動 $\eta$ を直接求めることができないので、予測・修正法を用いて計算を行うこととした。与えた強制振動は、片振幅が1cmで周期 $T$ は1.2s~2.0sの正弦的なheavingを考えた。水深 $h$ は一定で20cmとし、浮体の側面の勾配は5:12で、浮体の幅が60cm、浮体の最大喫水 $a=8.2$ cmである。

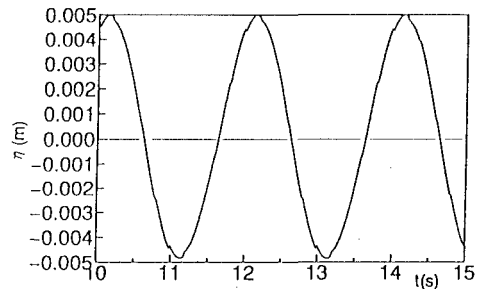
図-2は周期が2.0sのケースにおける浮体直前および浮体直後での時間波形を示している。これによると、浮体の正弦的な動揺に対して、ほぼ正弦的な波を造波していることが確認できる。

### 4. おわりに

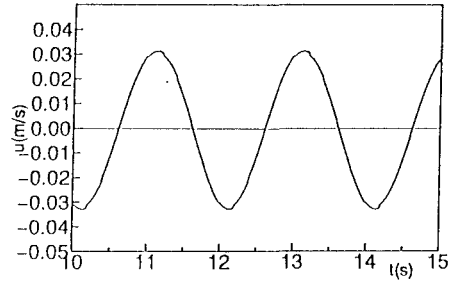
本研究では、浮体まわりの波変形の解析に用いたBoussinesq方程式を拡張して強制振動浮体を取り扱い、heavingに対する解析手法の有用性を示した。浮体の動揺は、各時間ステップについて振動方程式を組み込むことにより計算することが可能であり、現在検討中である。

### 参考文献

- Ng, J. Y. T and M. Isaacson (1993) : Appl. Ocean Res, Vol.15, pp.95-105.  
 Vinje, T and P. Brevig (1981) : Proc. 3rd Int. Conf on Numerical Ship Hydrodynamics, pp.257-268



(a) 水位変動



(b) 平均流速

図-2 浮体近傍の時間波形