

マンツルの運動を考慮した津波伝播の数値解析

薩摩川内市 正会員 木村晃彦
鹿兒島大学工学部 立和田英樹
鹿兒島大学大学院理工学研究科 正会員 柿沼太郎
鹿兒島大学大学院理工学研究科 学生会員 山下 啓

1. 研究の背景及び目的: 2010年チリ地震津波は、日本を含む環太平洋地域に広く伝播した。ところで、遠地津波の数値解析では、津波第1波のピーク到達時刻を実際の到達時刻よりも早い時刻として算出してしまふことが知られている。そこで、本研究では、海水下にある地球のマンツルが流体のように振る舞ふと仮定し、マンツルの運動を考慮した津波伝播の数値解析を行なう。そして、マンツルの運動が津波にどのような影響を及ぼすのか、そして、遠地津波の波速を低減する効果を有するののかに関して調べる。

2. 数値解析手法及び数値解析条件: 静水深 h_w が一様である海域を対象とする。海水の密度を ρ_w とする。この海水の下に、海底面があり、その下に、地球の地殻及びプレートが、更にその下方に、マンツルが存在する。このうち、地殻及びプレートが、弾性体であり、かつ、法線方向の変位が一定となる中立面が存在すると仮定する。すると、その運動を中立面上で考えることができ、また、地殻及びプレートの厚さを考慮する必要がない。これらの平均的な曲げ剛性率を B とする。他方、更に下方にあるマンツルの上層部が、完全流体であると仮定する。この上層部の鉛直方向の深さを h_m とし、マンツルの密度を ρ_m とする。そして、この上層部の下面は、水平な固定床であると仮定する。すなわち、解析対象は、水平な固定床の上に、深さ h_m のマンツルがあり、その上に、厚さ 0 の地殻及びプレートに相当する薄板が乗り、この薄板の上に、津波の伝播する海水が乗っている状態となる。海水の上面は、自由水面とする。このようなモデルを対象とした数値解析のために、ここでは、多層流体と大規模薄板構造物の相互干渉の解析のための数値モデル (Kakinuma *et al.*, 2012) を用いる。ただし、流体運動に対しては、速度ポテンシャル $\phi(x,z,t)$ を $\phi=f_0(x,t)$ とした非線形浅水方程式系を適用し、波の分散性を考慮しない。

鉛直壁を $x=0$ km に設け、時刻 $t=0$ s の津波初期波形を $\eta(x,0)=a_0\{1+\cos[2\pi(x/L)]\}$ ($0\text{ km}\leq x\leq L/2$); $a_0=5.0$ m; $L=60$ km と与える。重力加速度は、 $g=9.8\text{ m/s}^2$ とする。海水の密度を $\rho_w=1,000\text{ kg/m}^3$ とし、海水の静水深 h_w が 4,000 m で一様であるとする。すると、計算対象のパラメタは、上述したマンツル上層部の密度 ρ_m 、マンツル上層部の深さ h_m 、そして、地殻及びプレートの曲げ剛性率 B となる。これら三つのパラメタの値が異なる場合の数値解析を実施し、マンツル上層部や、地殻及びプレートの運動の津波に対する影響を調べる。

3. マンツル上層部や地殻及びプレートが津波に与える影響: 三つのパラメタ ρ_m , h_m 及び B の値を仮定した場合の、時刻 $t=7,000$ s における津波波形を図 1~8 に示す。ここで、地殻及びプレートと、マンツルの両者を考慮しない場合の、一様静水深 4,000 m の海域を伝播する 1 層問題の津波の波形 (破線) と比較されている。

マンツルの流体運動を考慮すると、表面波モードと内部波モードの津波が現れている。図-1 及び 2 より、マンツルの深さが大きいほど、内部波モードの津波高さが大きく、両モードの波速が大きく異なる。図-3 及び 4 では、マンツルの密度を大きくしているが、図-4 の第 2 波は、第 1 波よりも津波高さが大きく、第 2 波の波速は、約 188 m/s であり、波速が約 198 m/s である 1 層問題の津波よりも約 55 km 遅れて伝播している。このように、マンツル上層部の密度と厚さが比較的大きい場合、1 層問題の津波よりも速い津波と遅い津波が存在し得る。図-5 及び 6 では、曲げ剛性率を 0 とし、図-7 及び 8 では、曲げ剛性率を比較的大きくしているが、こうしたオーダでは、地殻及びプレートの曲げ剛性率は、津波に対してあまり影響していない。

参考文献

Kakinuma, T., Yamashita, K., and Nakayama, K.: Surface and internal waves due to a moving load on a very large floating structure, *J. Applied Mathematics*, Vol. 2012, Article ID 830530, pp. 1-14, 2012.

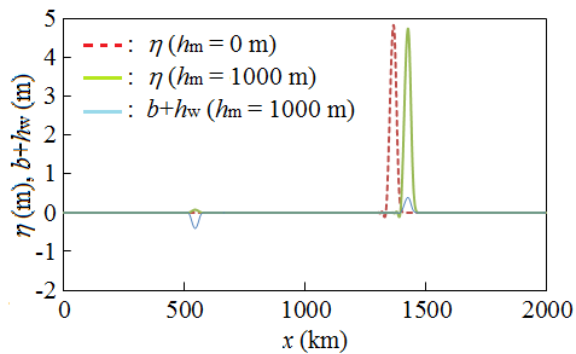


図-1 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 3,300 \text{ kg/m}^3, h_m = 1,000 \text{ m}, B = 3.43 \times 10^{10} \text{ Nm}^2)$

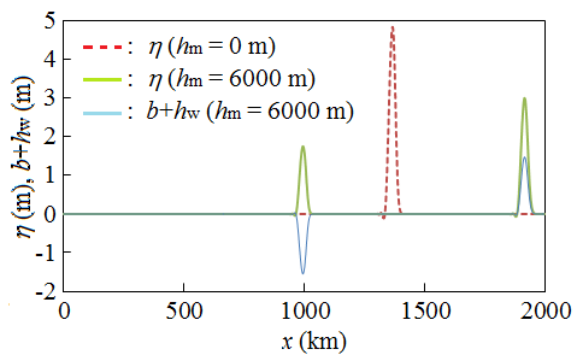


図-2 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 3,300 \text{ kg/m}^3, h_m = 6,000 \text{ m}, B = 3.43 \times 10^{10} \text{ Nm}^2)$

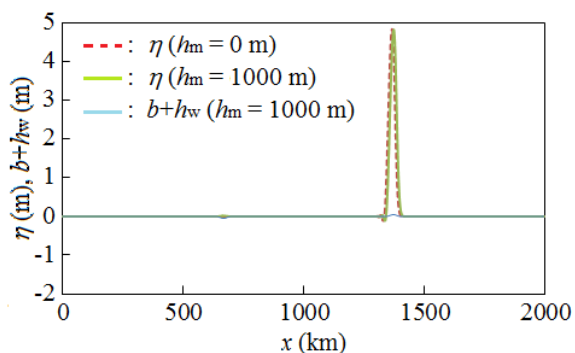


図-3 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 33,000 \text{ kg/m}^3, h_m = 1,000 \text{ m}, B = 3.43 \times 10^{10} \text{ Nm}^2)$

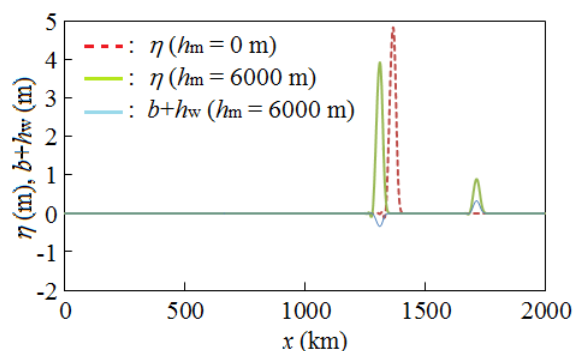


図-4 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 33,000 \text{ kg/m}^3, h_m = 6,000 \text{ m}, B = 3.43 \times 10^{10} \text{ Nm}^2)$

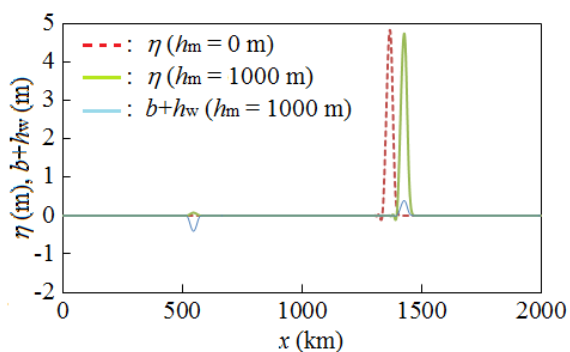


図-5 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 3,300 \text{ kg/m}^3, h_m = 1,000 \text{ m}, B = 0 \text{ Nm}^2)$

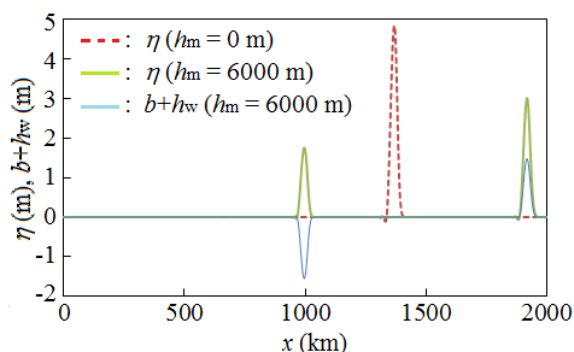


図-6 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 3,300 \text{ kg/m}^3, h_m = 6,000 \text{ m}, B = 0 \text{ Nm}^2)$

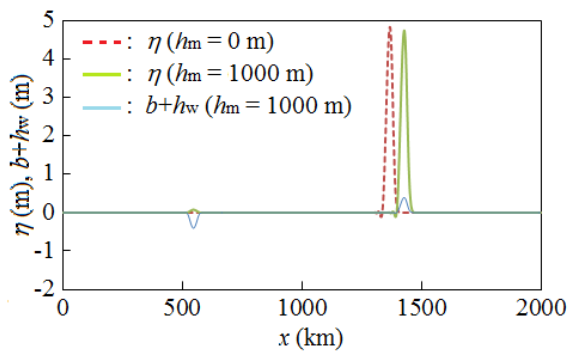


図-7 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 3,300 \text{ kg/m}^3, h_m = 1,000 \text{ m}, B = 3.43 \times 10^{14} \text{ Nm}^2)$

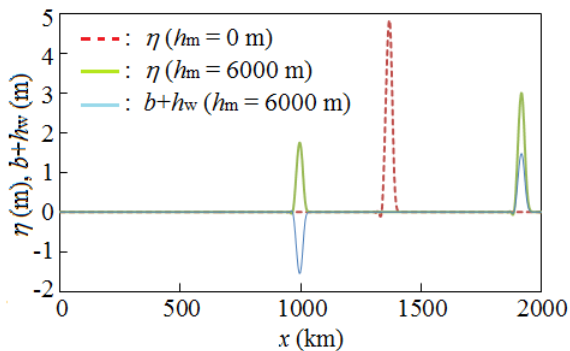


図-8 時刻 $t = 7,000$ s における津波波形
 $(\rho_m = 3,300 \text{ kg/m}^3, h_m = 6,000 \text{ m}, B = 3.43 \times 10^{14} \text{ Nm}^2)$