

I - B294

SOFAR チャネルを伝播する波動と
重力とのカップリングについて

東京理科大学 学生員 八木 大輔
 東京理科大学 学生員 山田 美菜
 東京理科大学 正会員 東平 光生

1. まえがき

第2次世界大戦の終戦間際、海洋物理学において注目すべき発見の1つにSOFAR(SOund Fixing And Ranging)チャネルの発見がある。海洋中における音波速度は密度・塩分・温度等の影響により深さ方向に変化することが知られている。場所や季節によっても違うがある程度の深さをもつ海洋中には流体表面より深さ1.0km付近に音波速度の遅い層が生ずることがよくある。この音波速度の遅い層のことをSOFARチャネルと呼ぶ。SOFARチャネルの特徴として、波のエネルギーがSOFARチャネル内に捕えられチャネル波が生ずる。このチャネル波は距離に伴う振幅の減少は小さく、従ってより遠くまで伝播することが知られている。

本研究ではSOFARチャネルの存在する海洋において、重力波に対しどのような影響を及ぼすのかを検討する。

2. 計算手法

東平[1]によれば、固体流体の相互作用を表す波動伝播を薄素要素-離散化波数法によって解くと次のように示される。

$$\begin{Bmatrix} u(r, \phi, t) \\ \phi(r, \phi, t) \end{Bmatrix} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} [C_{kn}^m(r, \phi)] \times \int_0^t [V_{kn}^m][\Lambda_{kn}^m(t-\tau)][V_{kn}^m]^{-1} \times [M]^{-1} \begin{Bmatrix} F_k^m(\tau) \\ G_k^m(\tau) \end{Bmatrix} d\tau$$

ここに、 u, ϕ はそれぞれ円筒座標系表示における固体変位と流体圧力を示している。 C_{kn}^m はsurface vector harmonicsを成分とするマトリックス、 V_{kn}^m 、 Λ_{kn}^m はモード解析により得られるマトリックス、 M は薄素要素の質量マトリックス、 $F_k^m(\tau)$ 、 $G_k^m(\tau)$ はそれぞれ固体、流体の物体力を表すベクトルである。

3. 解析モデル

本研究では、海底-海洋モデルをFig.1のように示す。海底の物性値を、質量密度 $\rho = 3.0\text{g/cm}^3$ 、S波の伝播速度 $c_T = 2.25\text{Km/s}$ 、P波の伝播速度 $c_L = 3.89\text{Km/s}$ 、ポアソン比 $\mu = 0.25$ とする。海洋の物性値は、SOFARチャネルの存在する海洋には、Fig.2に示すような海洋のデータを用いている。この海洋モデルはSALUDA諸島沖のデータであり、海洋表面より深さ1.0km付近で音波速度分布が低速度となっている。また、SOFARチャネルの存在しない海洋には、音波速度が一定な値 $c = 1.515\text{Km/s}$ を持つような海洋のデータを用いる。また震源には海底-海洋の境界面より深さ1.0Kmにとり、鉛直上向きに作用する階段関数で表される時間変動を持つ点震源を考える。

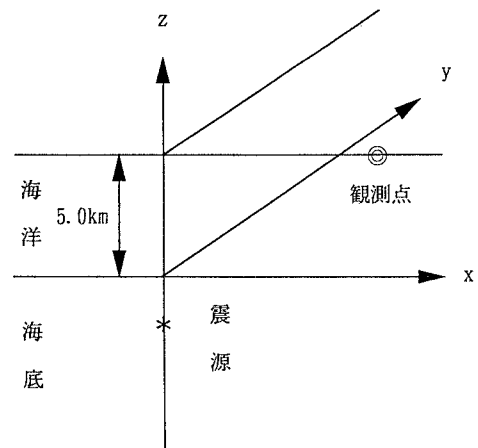


Fig.1: 解析モデル

キーワード: SOFAR

〒278 千葉県野田市山崎2641 Tel 0471-(24)-1501 内線 4073

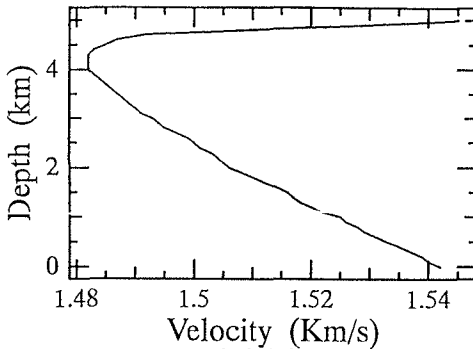


Fig.2 : 音波速度分布図

4. 解析結果の考察

分散曲線を用いて, SOFAR チャネルの存在する海洋における重力波への影響を検討する. Fig.3は重力波の分散曲線をLogのスケールで示している. 図において, 縦軸の位相速度についてはS波の速度が1となるように無次元化している. SOFARチャネルの存在する海洋の方がSOFARチャネルの存在しない海洋よりも重力波の位相速度が遅いことが確認される. つまりSO FARチャネルの影響により重力波の位相速度を遅らせることが分かる.

分散曲線より判明した重力波の位相速度の遅れについて時刻歴応答解析を用いて検討する. 観測点を100km,1000kmにとり, SOFARチャネルの影響が距離に伴いどのような変化をもたらすのかを検討する. Fig.4, Fig.5は固有値応答解析より得られた重力波のモードを取り出し重力波のみの時刻歴を示す. ここで重力波の到達時間と振幅に注目する. SOFARチャネルの存在する海洋の方が重力波の到達時間に遅れがみられ, さらに変位が増幅し, 観測点100kmのときよりも観測点1000kmのときの方が顕著に現れていることが分かる.

5. あとがき

本研究により, SOFARチャネルの存在する海洋では, 観測点が遠くなるにつれ, 重力波の到達時間はより遅れ, さらに重力波の変位もより増幅することが分かった. 従って, SOFARチャネルの存在する海洋では, 津波の伝播に影響を及ぼすことが分かった.

参考文献

- [1] 東平 光生: 薄素要素-離散化波数法による圧縮性流体層を含む成層弾性体の動的解析手法の展開, 土木学会論文集, No.507/i-30, pp.149-158, 1995.1.

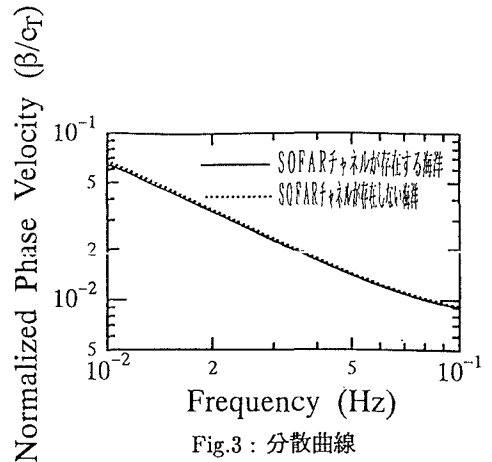


Fig.3 : 分散曲線

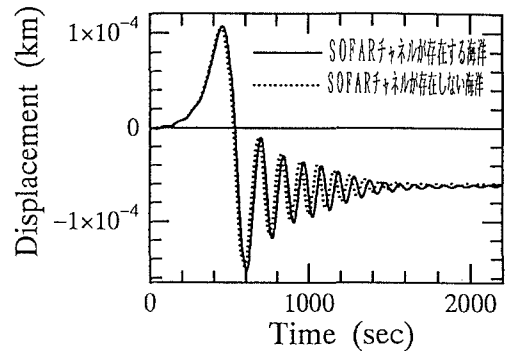


Fig.4 : 時刻歴 (100km)

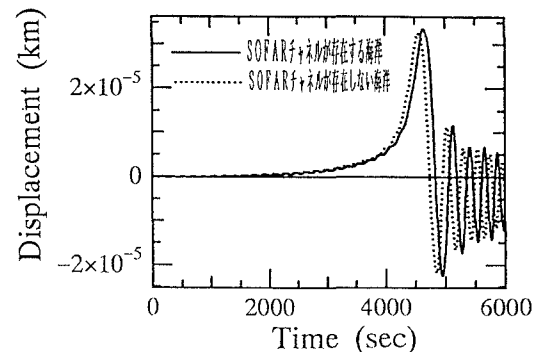


Fig.5 : 時刻歴 (1000km)