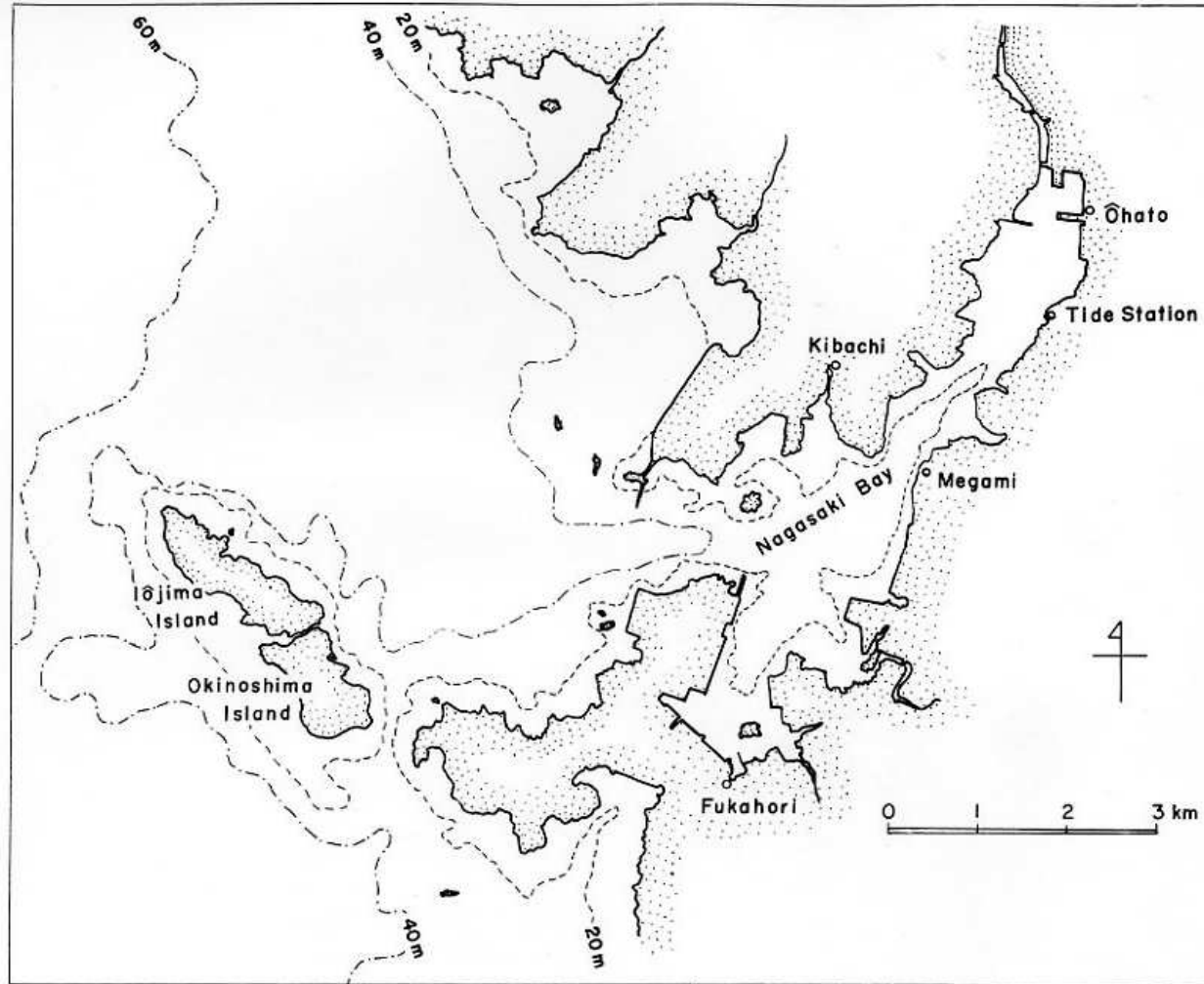


気圧波と海洋波との共鳴のメカニズム

日比谷 紀之

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

長崎湾



「あびき」とは

- 九州西部沿岸域の湾内で起こる周期～数10分の水位の大きな振動

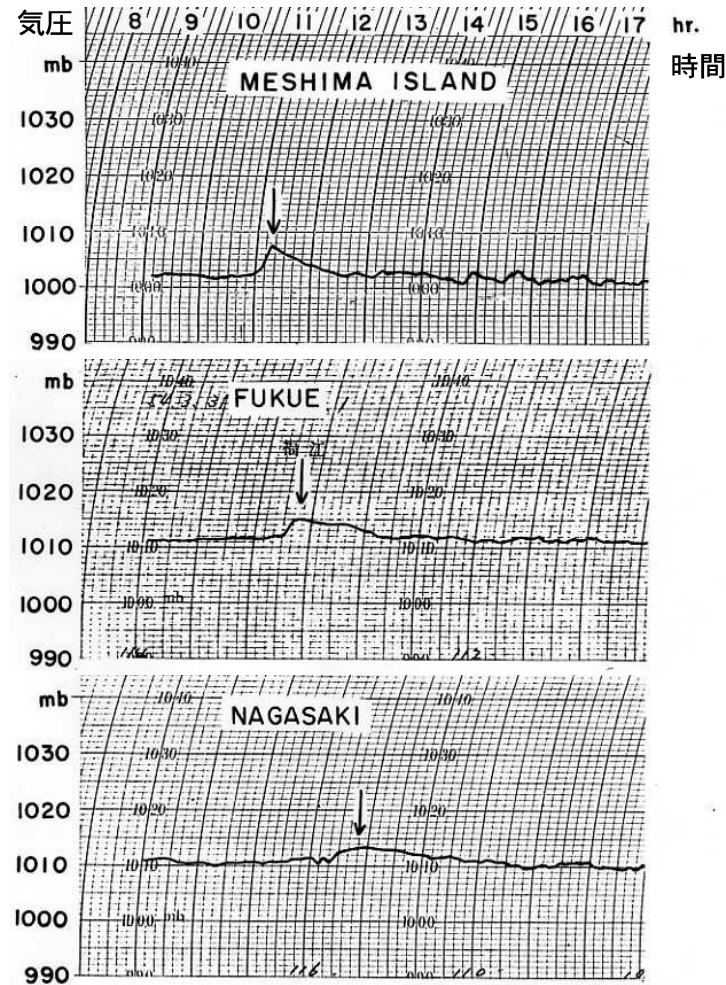
- 網を引くような速さの流れを伴う



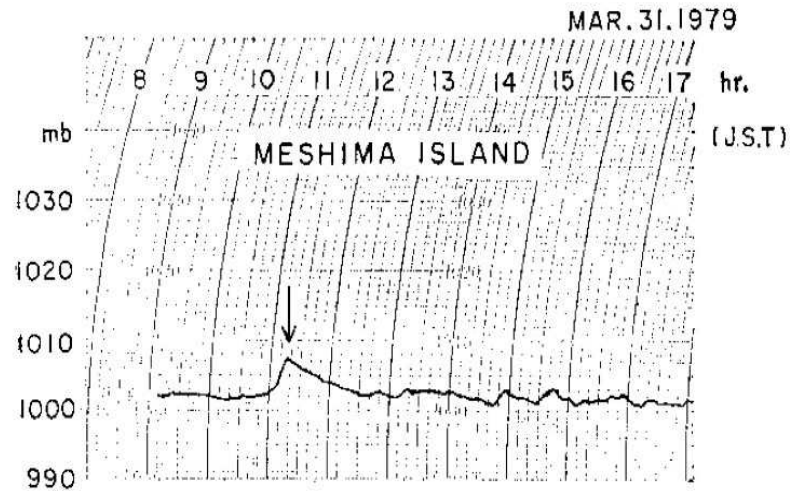
網引き → あびき



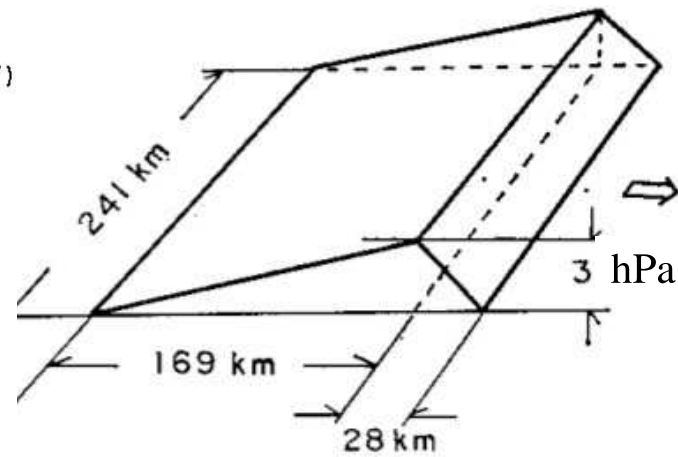
東シナ海上の気圧波の東進



気圧波モデル



女島で観測された気圧記録

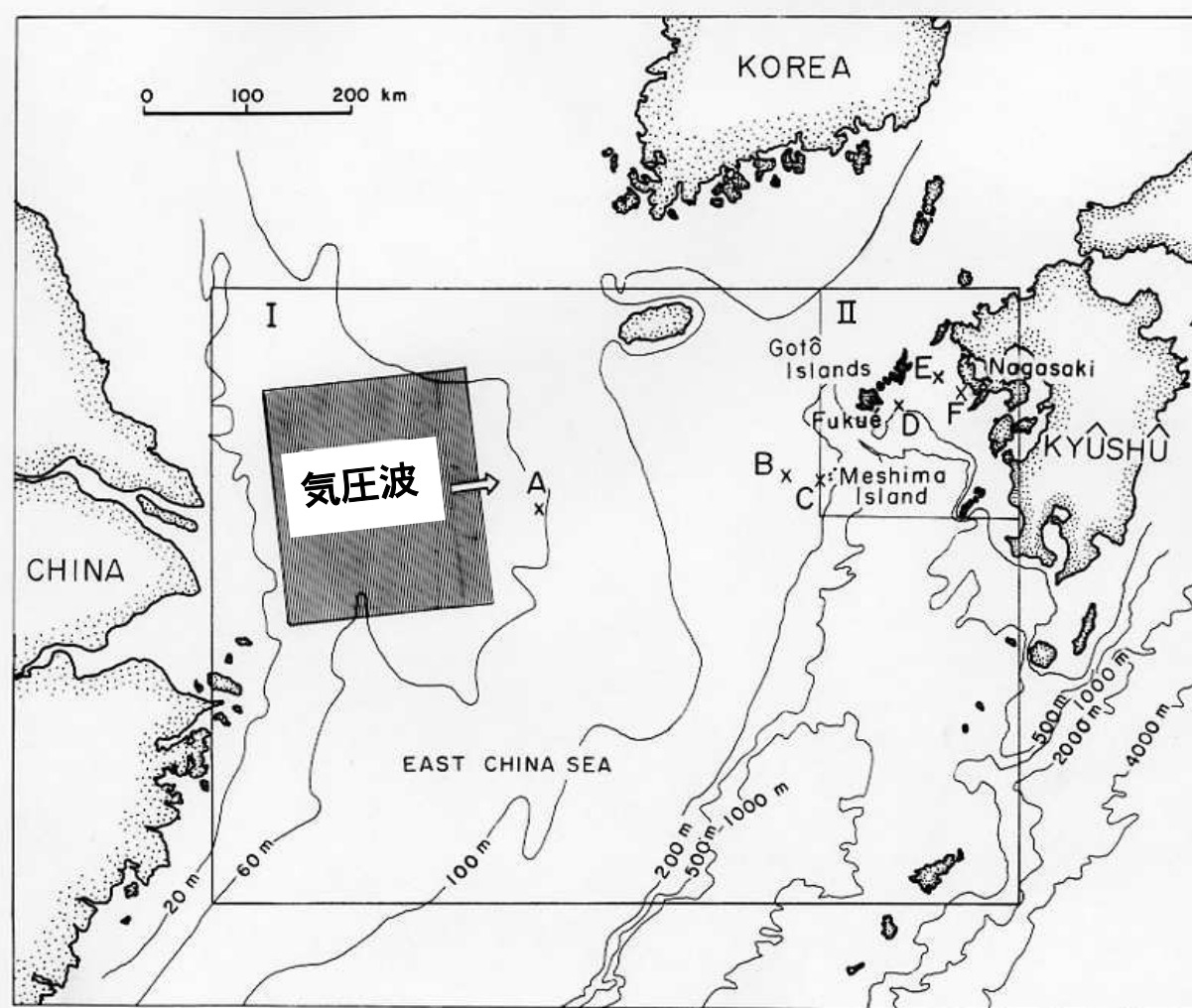


気圧波のモデル

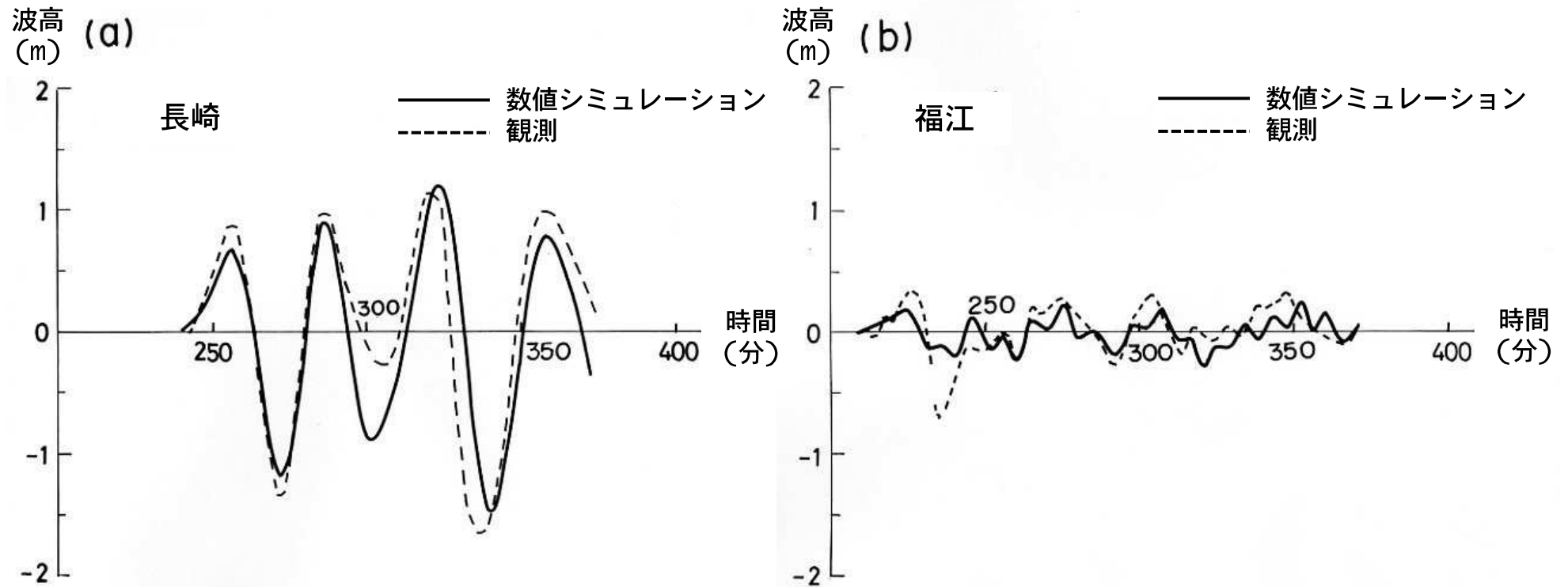
方向： 東北東 5.6°

速度： 31 m/s

数値モデル



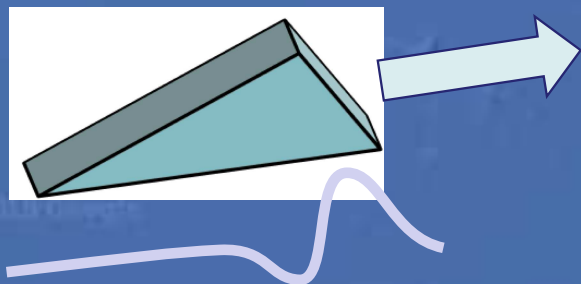
数値シミュレーションの結果



長崎湾における「あびき」の発生機構

原因:

東シナ海上を 約100 km / 時
で 東進した振幅 約 3 hPa の
微気圧擾乱



1. 東シナ海大陸棚上での
微気圧擾乱と海洋長波
との共鳴的カップリング
による増幅 ~ 約3 倍

2. 長崎湾内の固有振動系と五島灘
海域での固有振動系との干渉
による共鳴増幅 ~ 約3 倍

3. 長崎湾内での地形的増幅効果
~ 約2.5 倍
4. 長崎湾内での反射・干渉に
よる増幅 ~ 約2 倍



最終的な増幅

1 ~ 4 の増幅を掛け合わせると ≈ 50 [倍]

3 cm
(3 hPa)  約150 cm 全振幅で 約300 cm

わずか 数 hPa の気圧波が
巨大な「あびき」を起こした！

東シナ海の特徴

東シナ海には浅い大陸棚が広がっている。その水深は

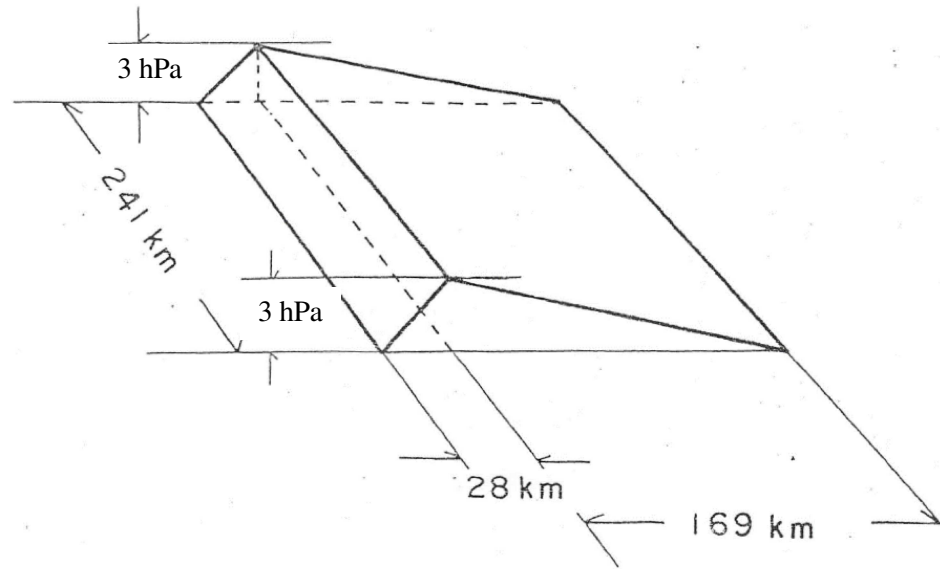
$$H = 50 \text{ m} \sim 100 \text{ m}$$

この大陸棚上を伝播する
海洋波の速度は

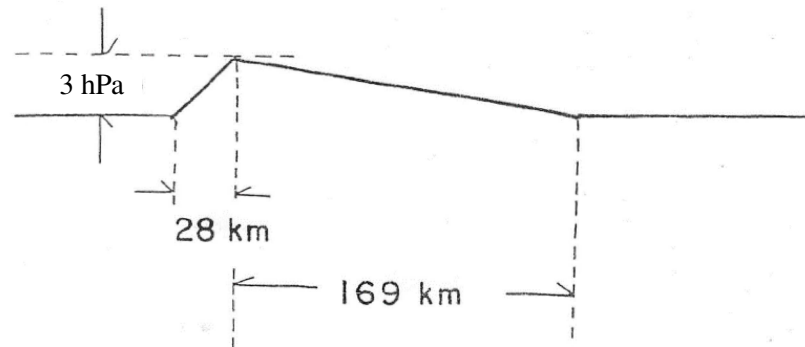
$$\sqrt{gH} = 22 \text{ m/s} \sim 31 \text{ m/s}$$



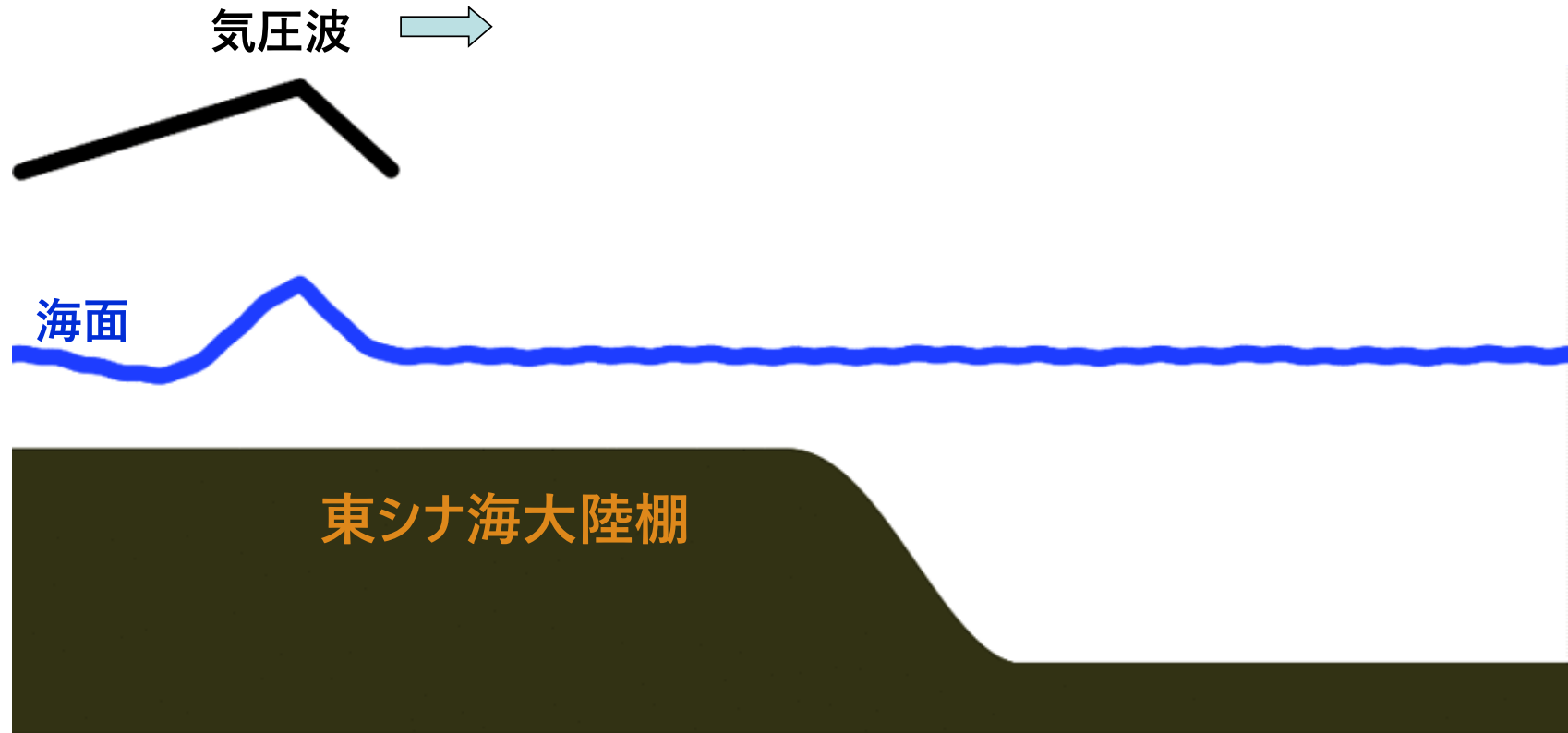
(a)

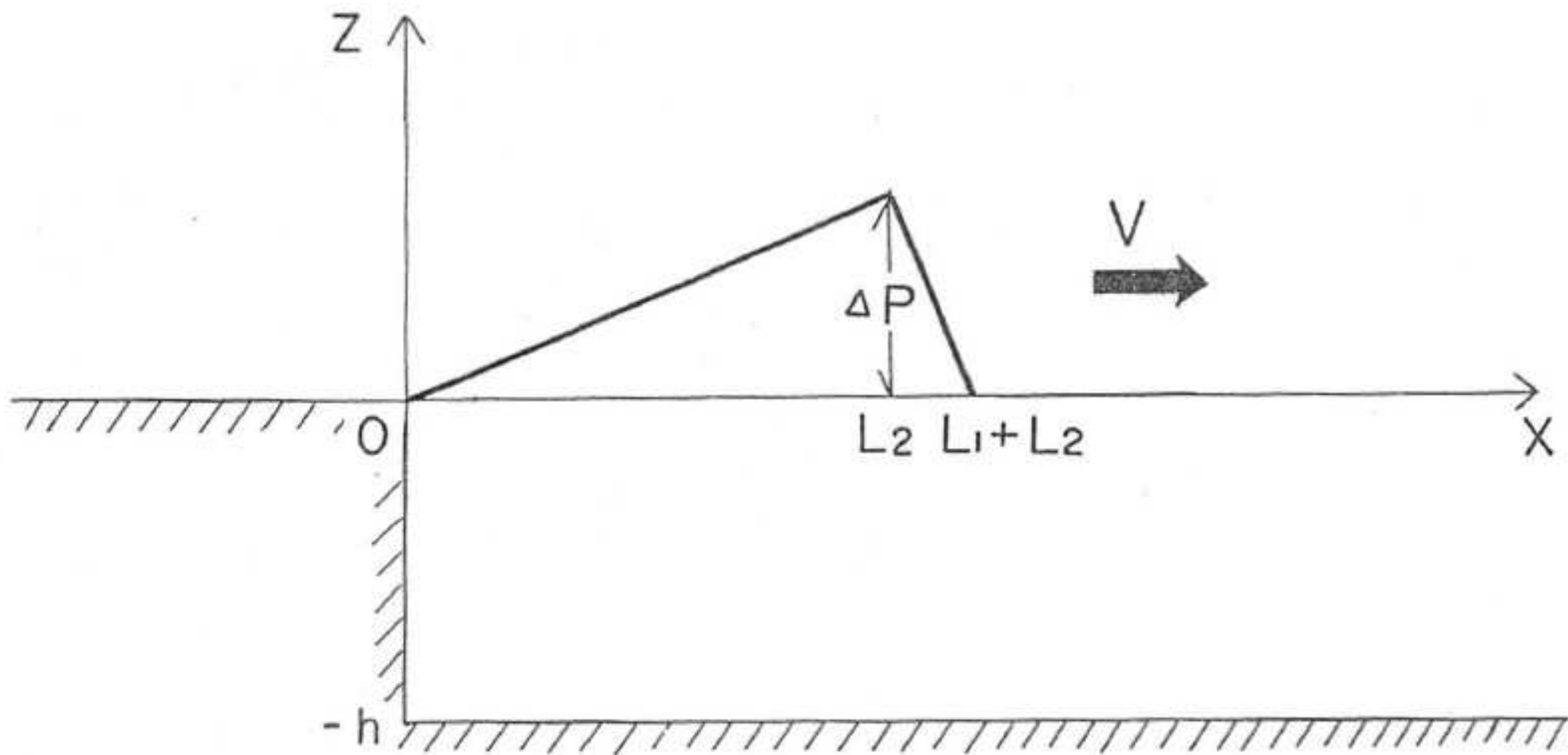


(b)



東シナ海大陸棚上での気圧波による 海洋波の励起・増幅





1次元モデルで気圧波と海洋波との共鳴的カップリングを記述する。

基本方程式は

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -gh \cdot \frac{\partial(\eta - \eta^*)}{\partial x} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial Q}{\partial x} \quad (2)$$

今、気圧波 η^* の伝播速度を v 、海洋波の伝播速度を $c = \sqrt{gh}$ とすると、 $v > c$ あるいは $v < c$ の場合、伝播する気圧波の下には、気圧波と同じ速度 v で伝播する海洋波 $\eta_f(x - vt)$ が強制波として生じる。

その解は (1) および (2) 式より

$$\eta_f = \eta^*(x - vt) / (1 - v^2/c^2)$$

と与えられる。もし $v > c$ ならば、強制波としての海面変位は、外力とは逆位相になるし、 $v < c$ ならば、海面変位は、外力と同位相になる。また、この式で $v \sim c$ として $\eta_f \rightarrow \infty$ とするのは間違いである。

気圧波と海洋波の伝播速度が近いとき (*i.e.* $v \sim c$) には、両者の共鳴的カップリングは 初期値問題として扱う必要がある。今、東進する気圧波による外力を

$$F(x - vt) = c^2 \frac{\partial \eta^*}{\partial x}$$

とおくと

$$F(x - vt) = \begin{cases} 0 & \text{for } x - (L_1 + L_2) \geq ct \\ -c^2 \cdot \Delta\eta^*/L_1 & \text{for } ct > x - (L_1 + L_2) \geq c(t - L_1/v) \\ c^2 \cdot \Delta\eta^*/L_2 & \text{for } c(t - L_1/v) > x - (L_1 + L_2) \geq c(t - (L_1 + L_2)/v) \\ 0 & \text{for } c(t - (L_1 + L_2)/v) > x - (L_1 + L_2) \end{cases}$$

$$\text{ただし、} \quad \Delta\eta^* = \Delta p / (\rho g), \quad c = \sqrt{gh}$$

ここで $Z^+ = Q/c + \eta$
 $Z^- = Q/c - \eta$ を導入すると

$$\xi_1 = x - ct$$

$$\xi_2 = x + ct$$

$$s = t \quad \text{を用いて}$$

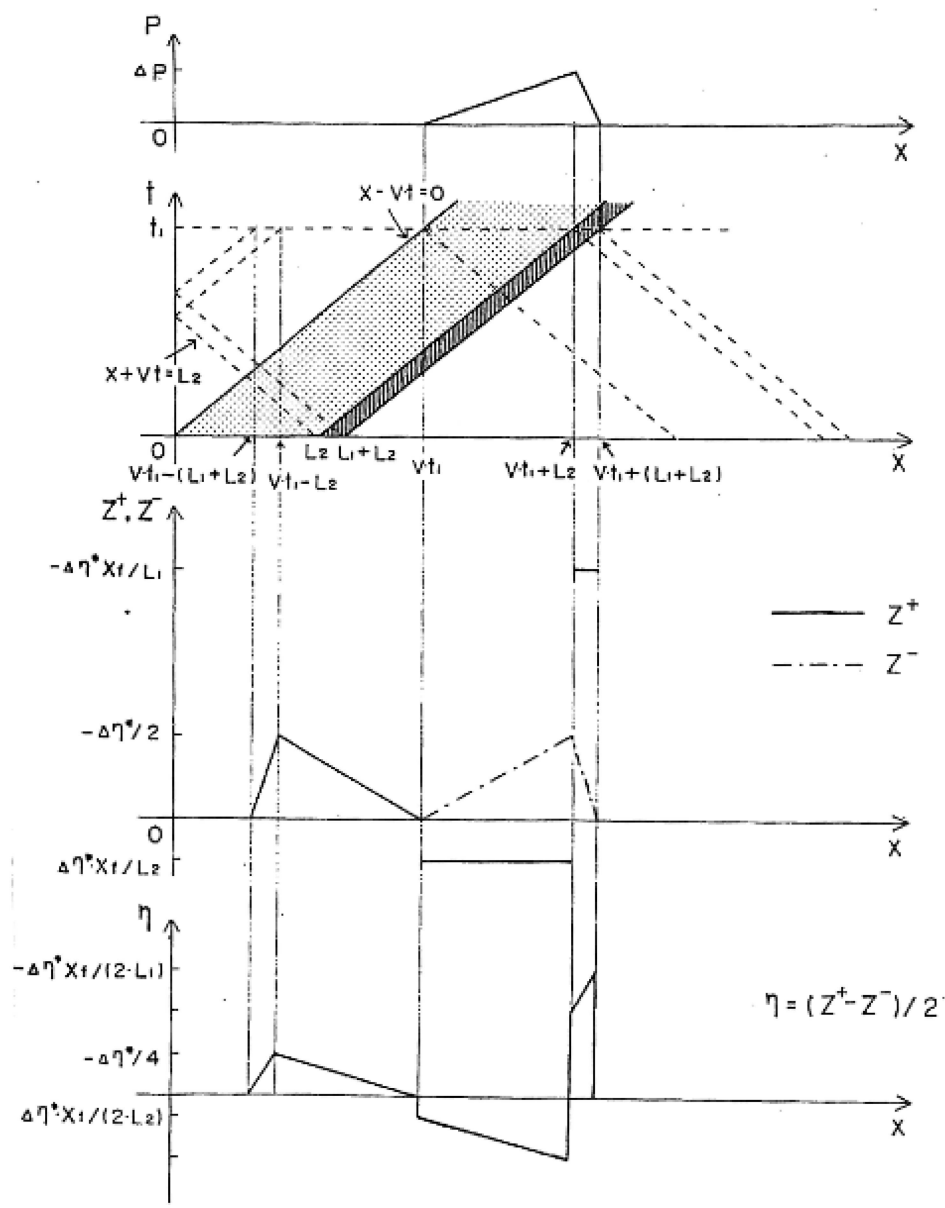
(1) および (2) 式は 以下のように書き換えられる

$$\frac{dZ^+}{ds} = F/c \quad \text{along } \xi_1 = \text{constant}$$

$$\frac{dZ^-}{ds} = F/c \quad \text{along } \xi_2 = \text{constant}$$

ただし、 $Z^+ + Z^- = 0 \quad \text{at } x = 0 \quad \leftarrow \text{境界条件}$

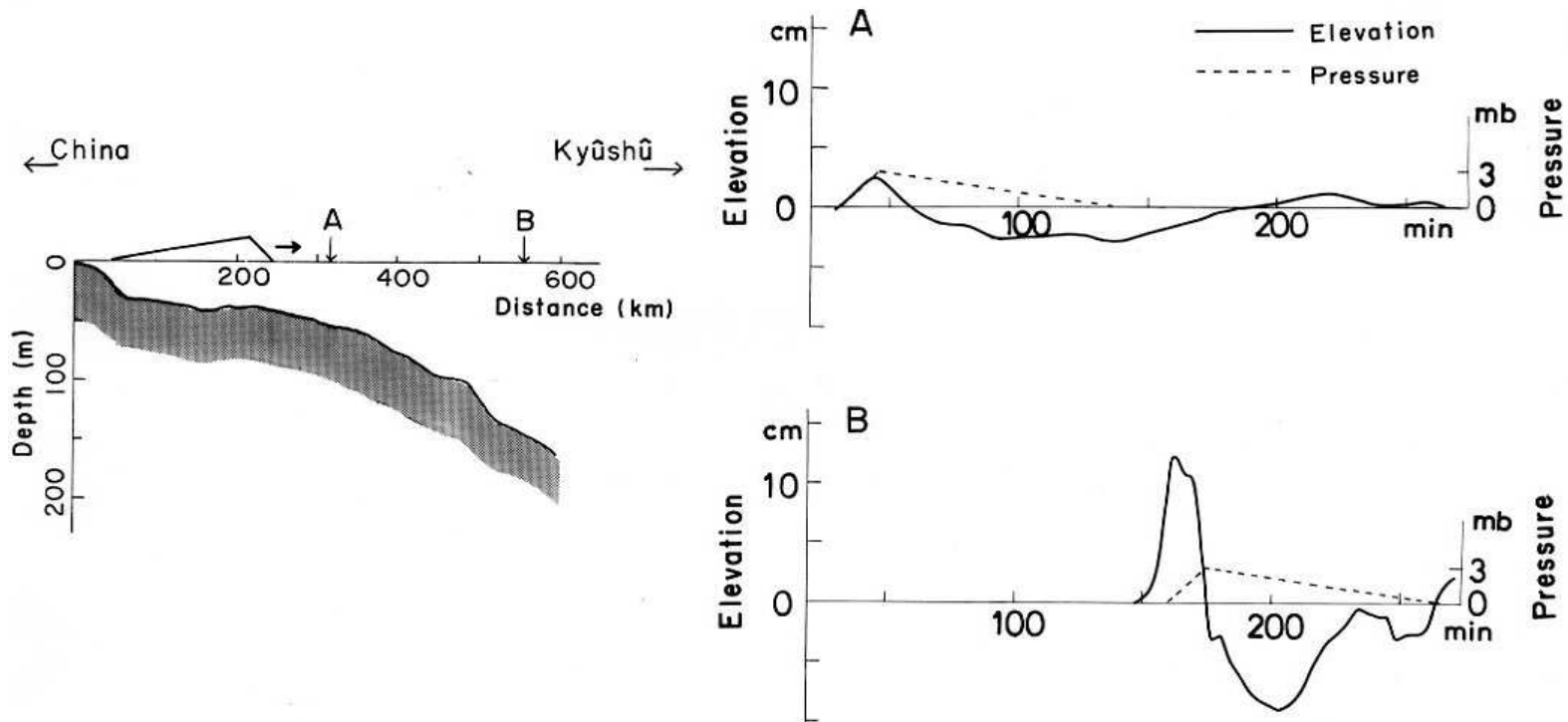
$$Z^+ = Z^- = 0 \quad \text{at } t = 0 \quad \leftarrow \text{初期条件}$$



最終的に 時刻 $t = t_1$ における海面変位 η は、以下のように得られる。

$$\eta = \begin{cases} 0 & \text{for } x - (L_1 + L_2) \geq ct_1 \\ -\Delta\eta^* \cdot (x - (L_1 + L_2) - x_f)/(4L_1) - \Delta\eta^* \cdot x_f/(2L_1) & \\ \quad \text{for } ct_1 > x - (L_1 + L_2) \geq c(t_1 - L_1/v) \\ \Delta\eta^* \cdot (x - x_f)/(4L_2) + \Delta\eta^* \cdot x_f/(2L_2) & \\ \quad \text{for } c(t_1 - L_1/v) > x - (L_1 + L_2) \geq c(t_1 - (L_1 + L_2)/v) \\ \Delta\eta^* \cdot (x - x_f)/(4L_2) & \\ \quad \text{for } c(t_1 - (L_1 + L_2)/v) > x - (L_1 + L_2) \geq c(t_1 - (L_1 + 2L_2)/v) \\ -\Delta\eta^* \cdot (x + (L_1 + L_2) - x_f)/(4L_1) & \\ \quad \text{for } c(t_1 - (L_1 + 2L_2)/v) > x - (L_1 + L_2) \geq c(t_1 - 2(L_1 + L_2)/v) \\ 0 & \text{for } c(t_1 - 2(L_1 + L_2)/v) > x - (L_1 + L_2) \end{cases}$$

東シナ海大陸棚上での気圧波による 海洋波の励起・増幅



海洋波速度 \approx 気圧波速度



共鳴

約3倍の増幅



**東シナ海には潮位計や
微気圧計を設置できる
ような島がない...**



**サイレント津波 (あびき) の
予報を難しくしている**

END