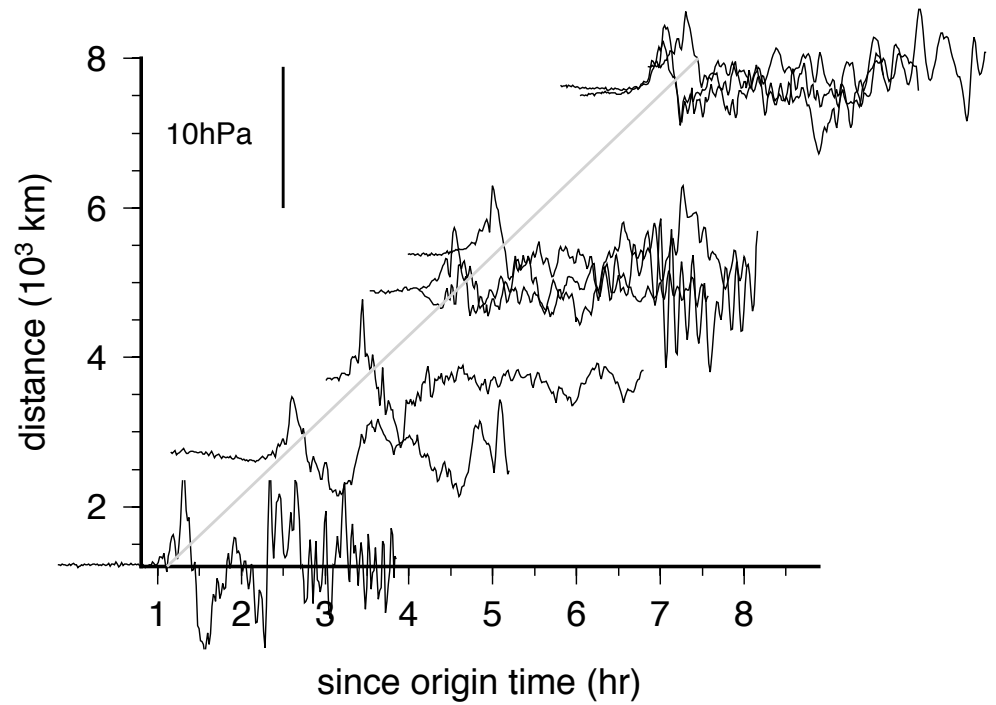
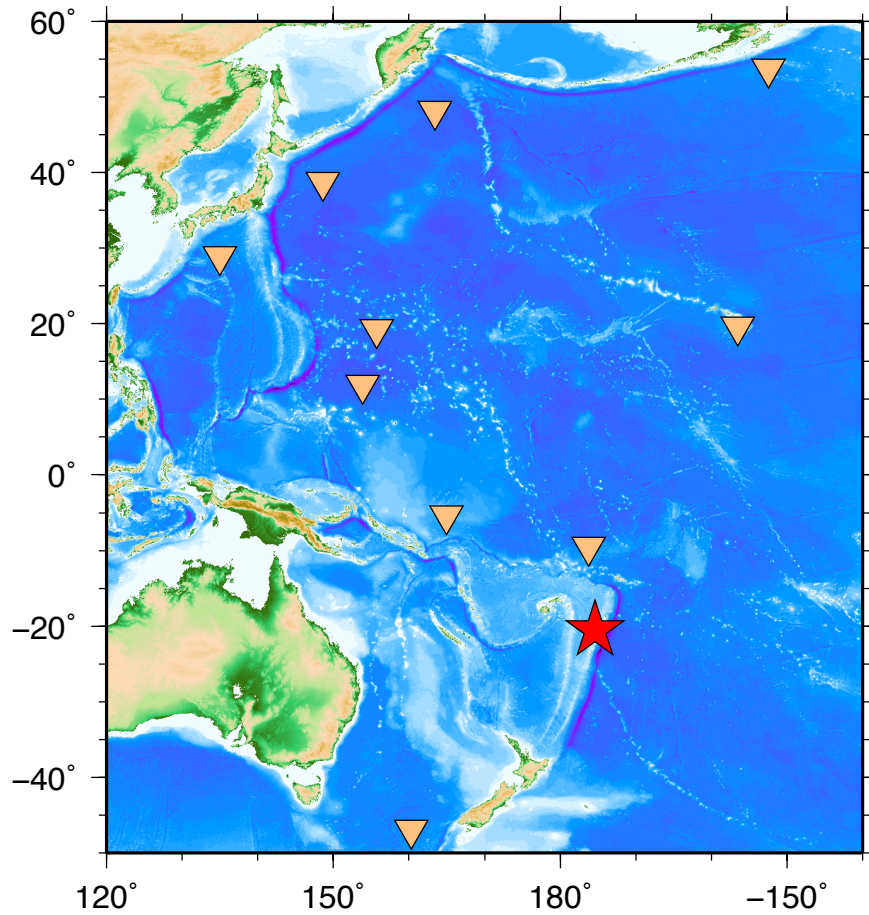


1883 クラカタウ火山噴火津波

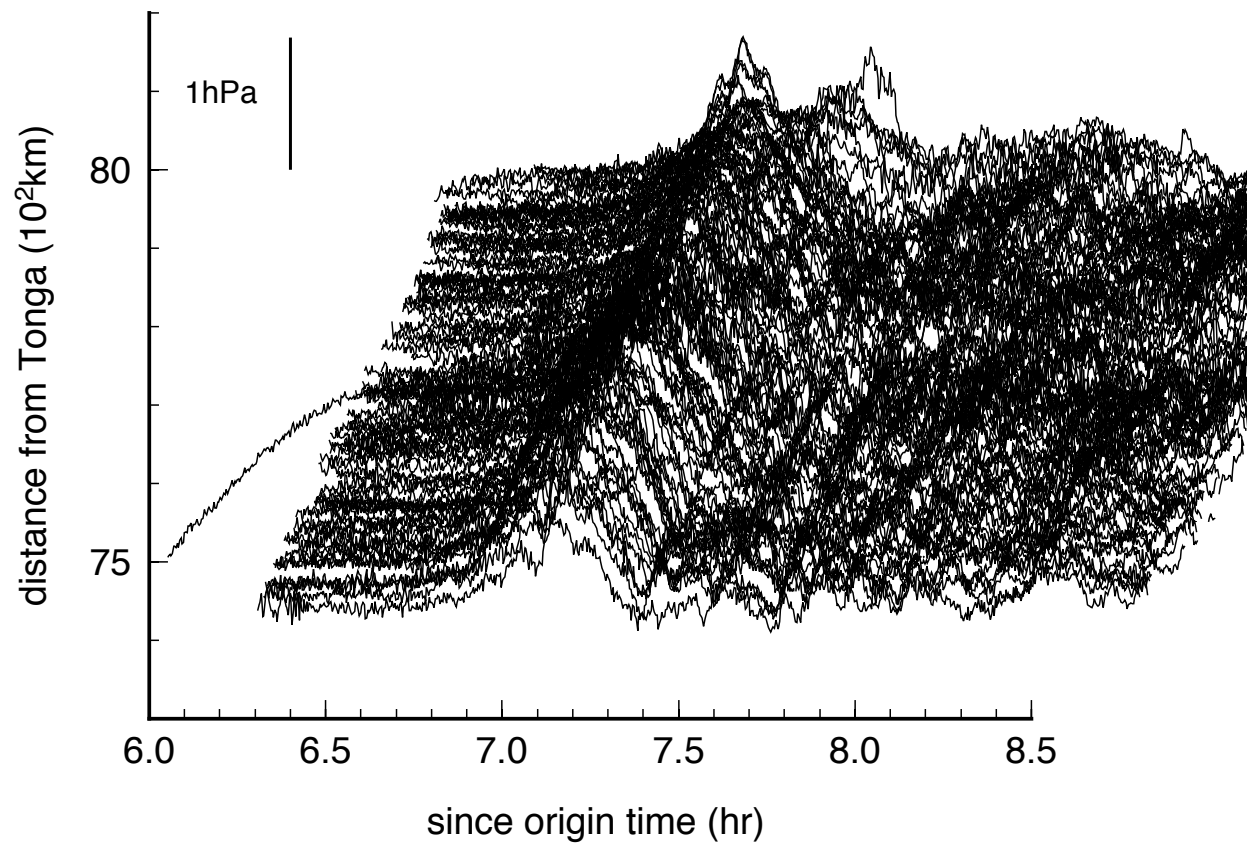
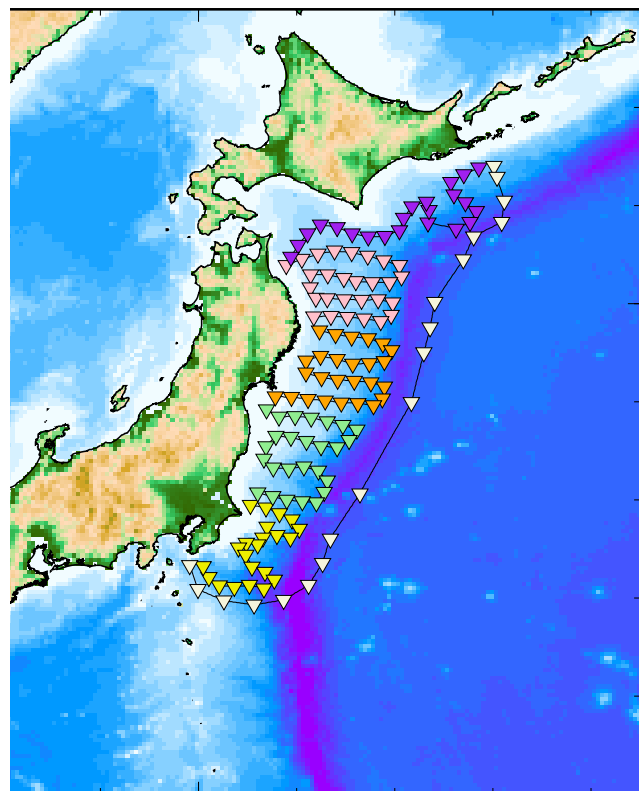
東京大学地震研究所

綿田辰吾

2022年トンガ火山噴火津波



S-net 初期解析



1883 クラカタウ火山噴火津波

Krakatoa. Rep. Roy. Soc. Com.

Plate 1.



View of Krakatoa during the Earlier Stage of the Eruption
from a Photograph taken on Sunday the 27th of May, 1883.

24

PROF. JUDD ON THE VOLCANIC PHENOMENA.

In the so-called New or Sebesi Channel, between Krakatoa and Sebesi Islands, the original depth of water was much less than on the other sides of the Krakatoa

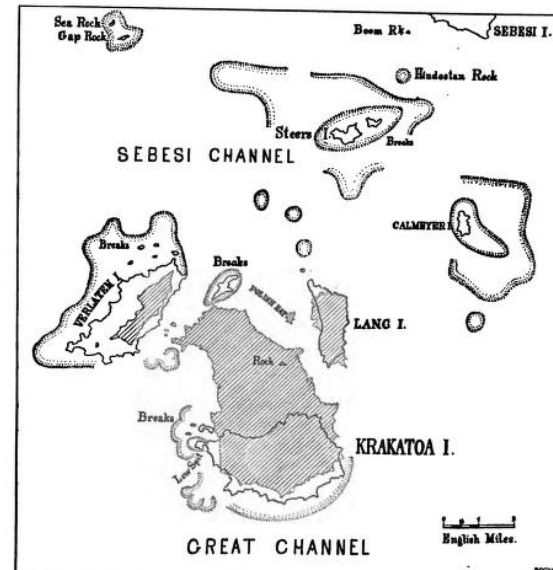


FIG. 11.—Map of Krakatoa and the surrounding islands, from the Chart prepared immediately after the Eruption. Later charts show the islands of Steers and Calmeyer reduced to sandbanks. The shaded areas show the form of the islands according to the old chart. Much of the discrepancy between the southern limit of Krakatoa in the two maps is due to the imperfection of the old survey. Dotted lines show sand-banks and lines of breakers.

group, seldom, indeed, exceeding 20 fathoms; and several rocks in this channel rose above the sea-level. After the eruption it was found that this channel was completely blocked by banks composed of volcanic materials, and two portions of these banks rose above the sea as islands, which received the name of Steers Island and

H450m disappeared
Tsunami, air waves

Symons ed. (1888) The eruption of Krakatoa and subsequent phenomena

1883年クラカタウ遠地津波

2022年トンガ津波との類似点（共に火山噴火起源）

- 特徴1

最初の津波は理論津波走時よりも早く到達

- 特徴2

最初の津波から遅れて（～数時間）最大波が到達

- 特徴3

海域を經由した津波では考えられないような海域で潮位変動

1883年クラカタウ津波の再来

1883年クラカタウ遠地津波

- 大気・海洋結合系の波動として、これら特徴を説明する先行研究

The Krakatoa **Air-Sea Wave**: an Example of Pulse Propagation **in Coupled System**
Harkrider and Press, 1967, JGR

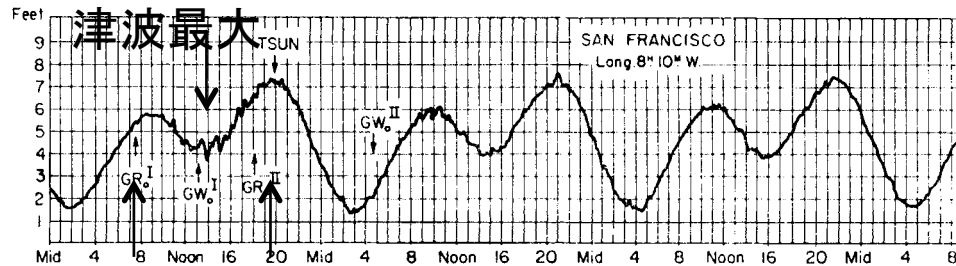
Air-Sea Waves from the Explosion of Krakatoa
Press and Harkrider, 1966, Science

- 大気・固体地球結合系の波動

Acoustic **resonant oscillations** between the atmosphere and the solid Earth
During the 1991 Mt. Pinatubo eruption, Watada and Kanamori, 2010, JGR

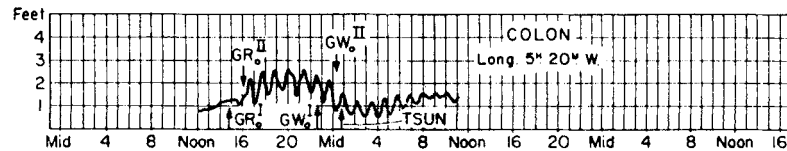
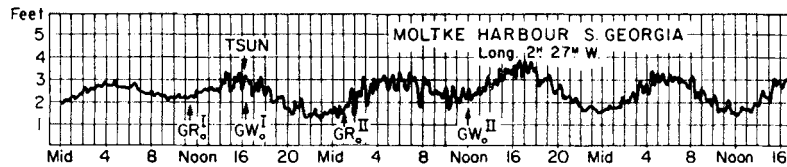
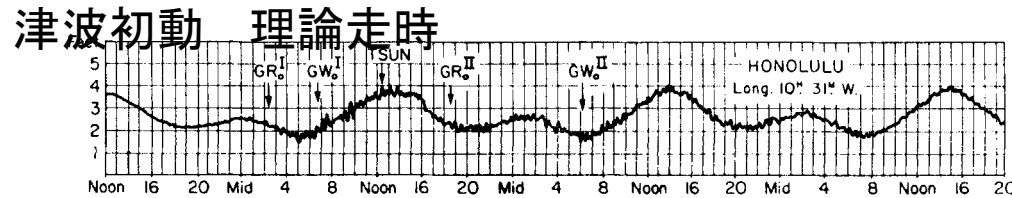
1883年クラカタウ遠地津波

- 3つの特徴の確認

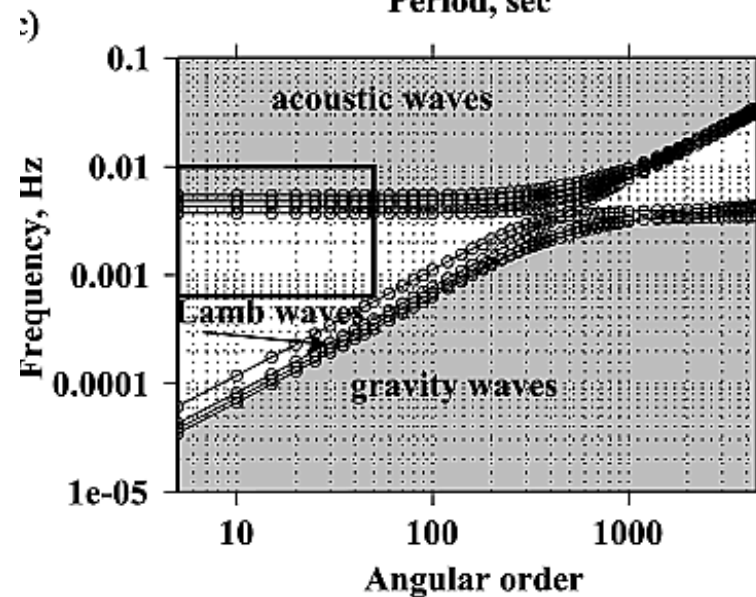
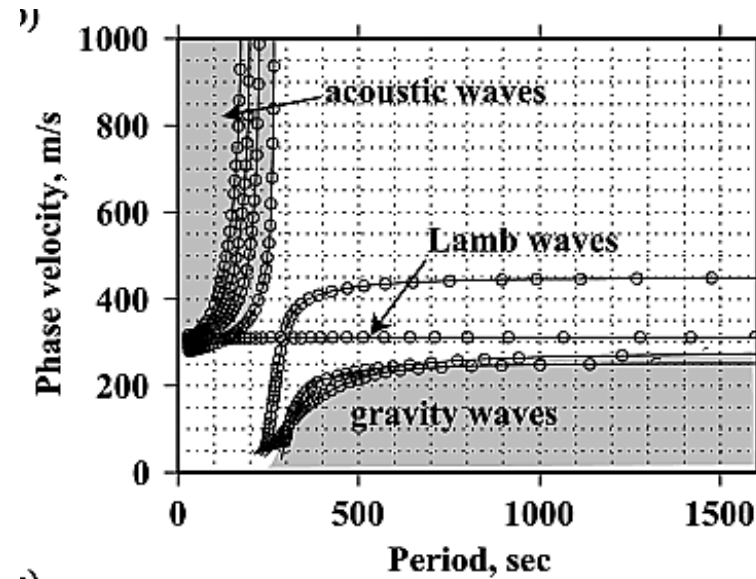
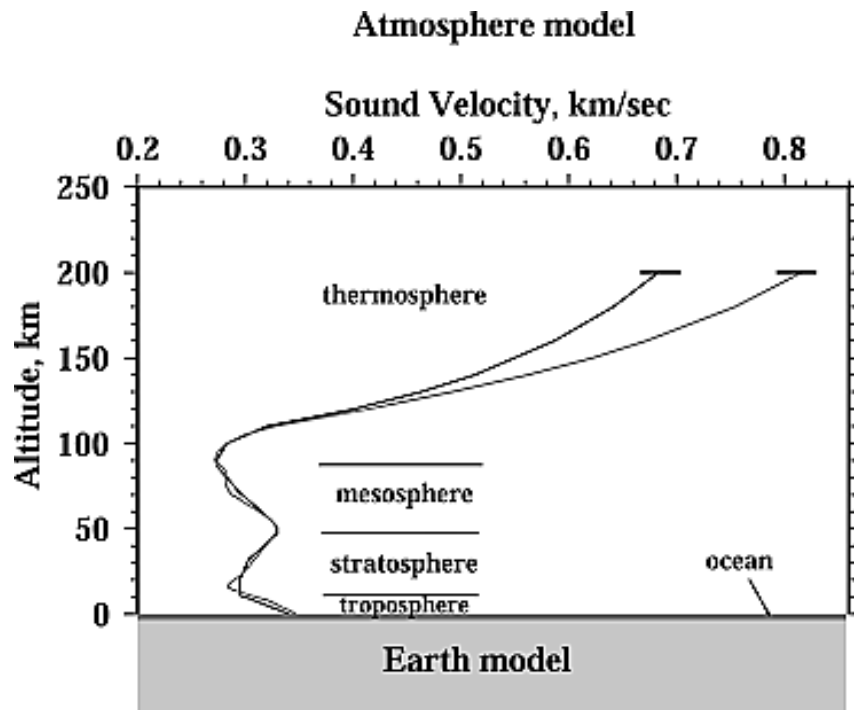


津波 観測時刻 << 理論到達時刻
最大波高は到達より数時間遅れる

大西洋で津波を観測



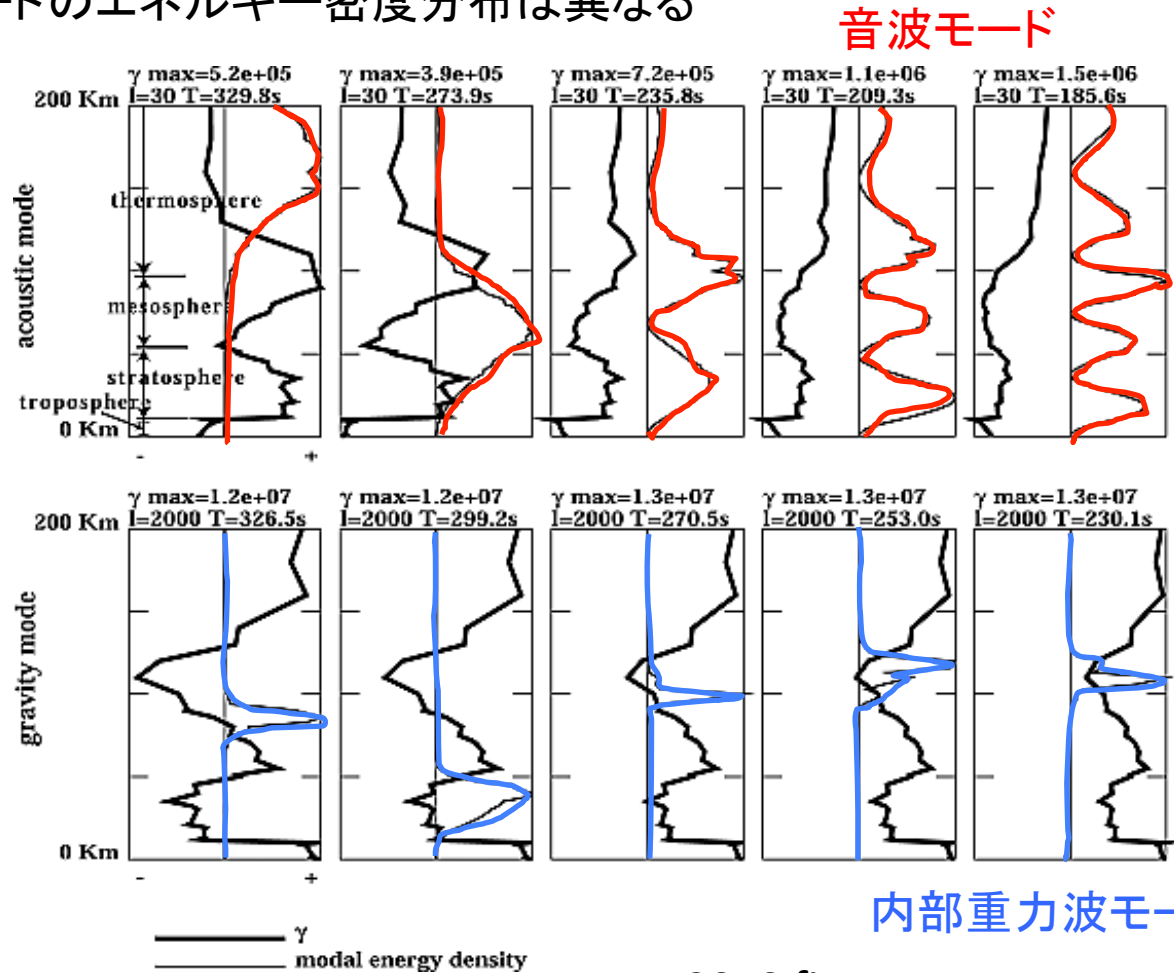
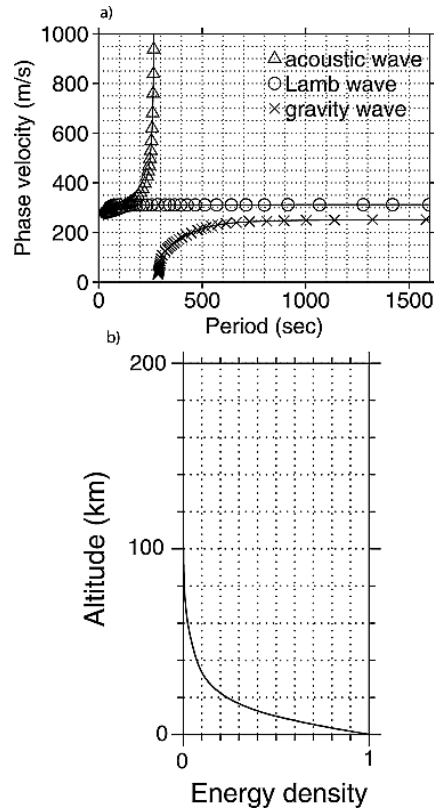
1883年クラカタウ遠地津波



WK2010 fig1, fig2

1883年クラカタウ遠地津波

音波、重力波、境界波の鉛直構造
 それぞれモードのエネルギー密度分布は異なる



境界波モード

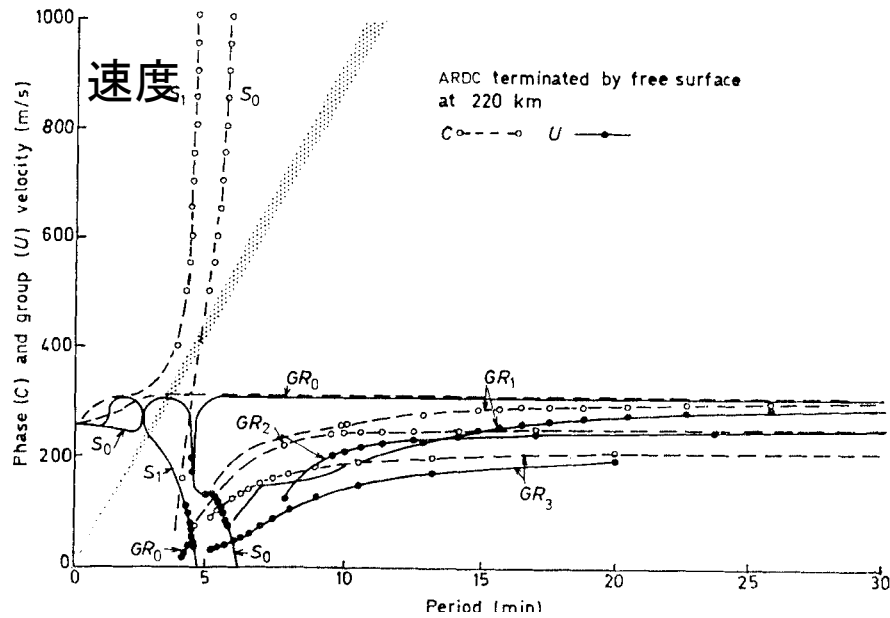
内部重力波モード

Arai et al 2011 GRL fig5

WK2010 fig4

1883年クラカタウ遠地津波

大気の固有振動のモード分布



周期

- ・長周期音波 S0, S1
- ・大気境界波 (Lamb波) GR0, S0, S1
- ・内部重力波 GR0, GR1, GR2

位相速度 点線
群速度 実線

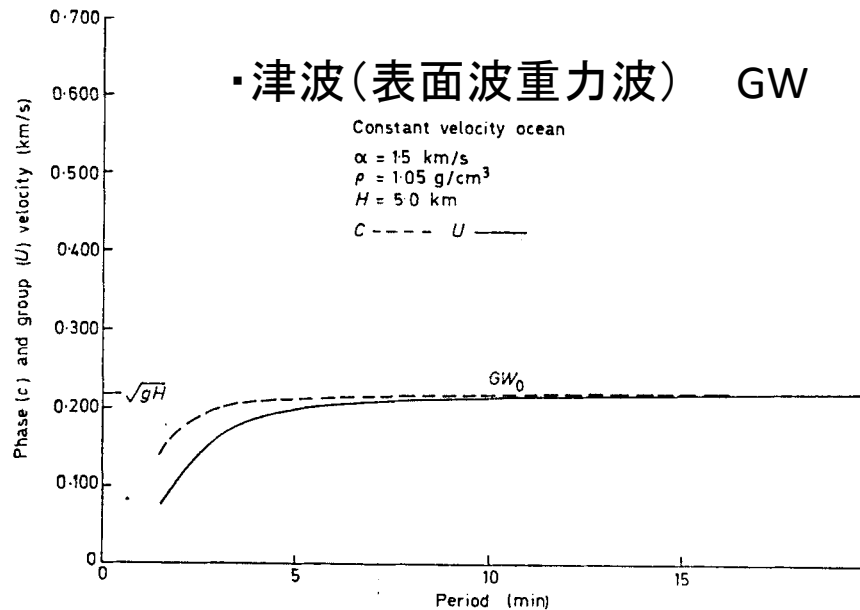
1883年クラカタウ遠地津波

海洋系

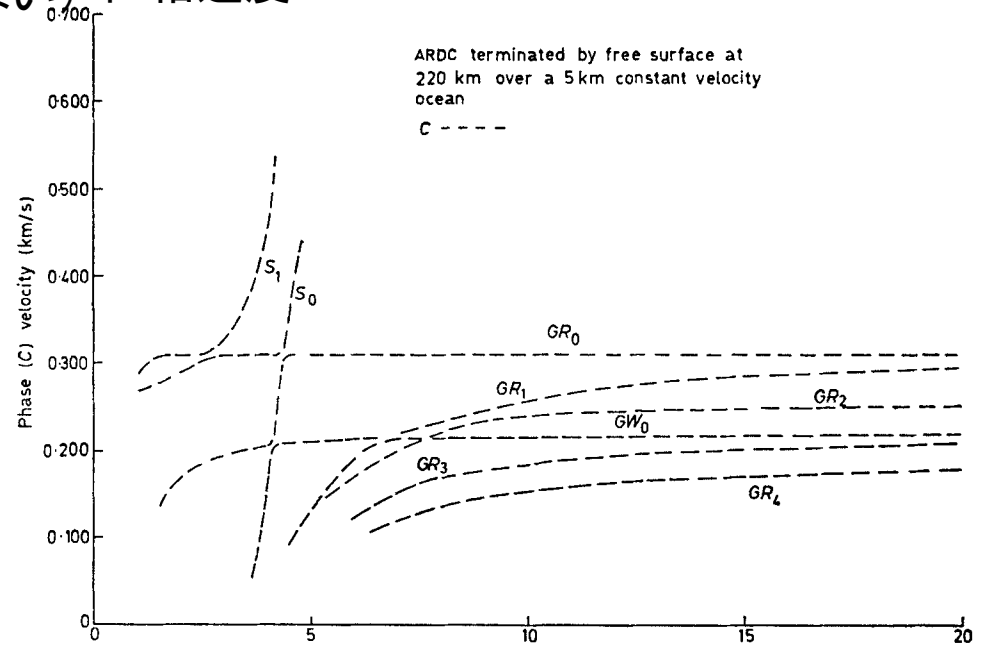
大気・海洋結合系

速度

(音波と内部重力波は考慮しない) 位相速度



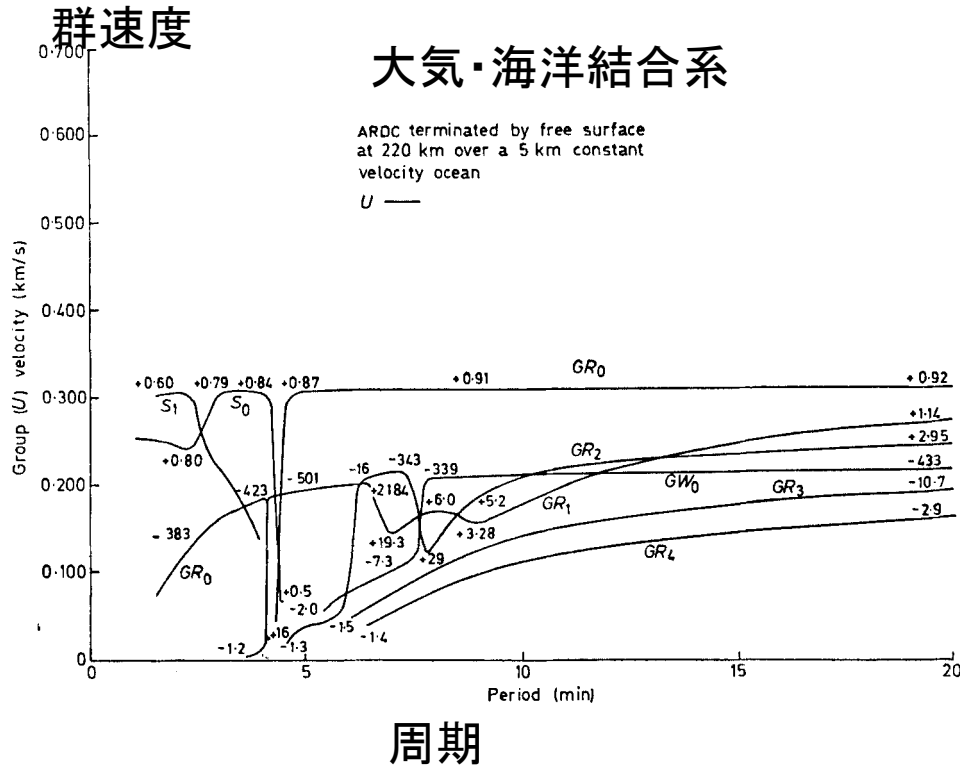
周期



周期

モードが近接するだけでなく、交差していると(波長と位相速度が一致)交差点では大気側と海側の周波数と波長が一致 = 共鳴条件を満たしている大気境界波は津波とは交わらない。津波と重力波が交わる = **共鳴可能**

1883年クラカタウ遠地津波



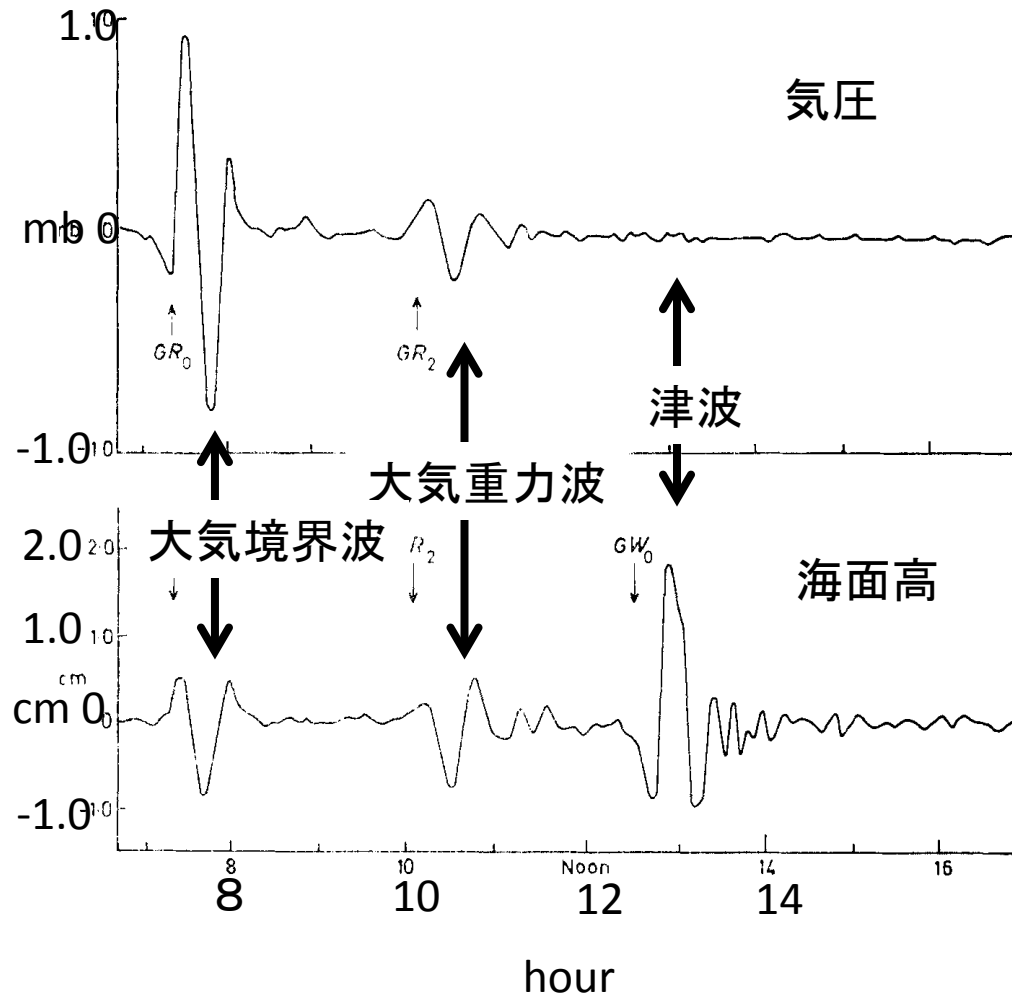
それぞれのモードの海面での
変位量/圧力変動量を
通常の変動量と比較

$$\text{倍率} = \frac{\text{モードの海面変位量(cm)}}{\text{モードの圧力変動量(hPa)}}$$

通常は1cm/1Pa=1

多くのモードでは倍率の絶対値は1前後、
交差する重力波モード(GR2)は数倍から数十数倍(GR2)に、
津波モード自身(GW)数千倍に増幅

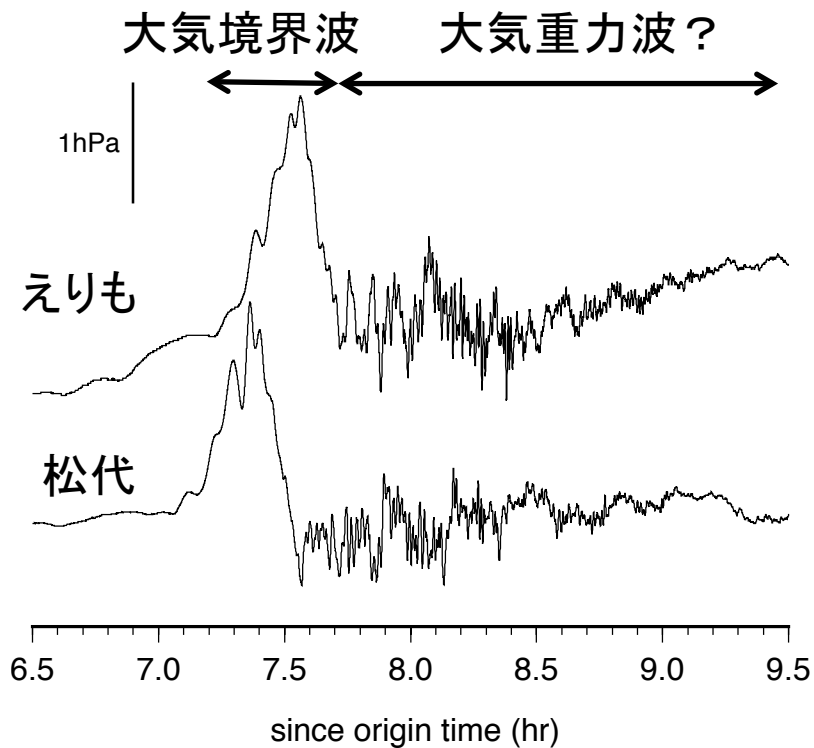
1883年クラカタウ遠地津波



波源(1点)を海面上に与えた
大気・海洋結合系における
大気波動と津波の同時シミュレーション
(クラカタウーサンフランシスコ間に相当
水深5キロ一定)

共鳴により大気重波の波高が
高くなっている
(大気境界波より倍率が大きい)。

トンガ津波 日本での気圧変動



2 hPaの圧カパルスから続く
気圧変動成分に、
津波と同じ位相速度があれば
共鳴して大振幅の津波を誘発した
可能性がある。

まとめ

- 2022年トンガ噴火津波は1883年クラカタウ噴火津波と似た特徴
- クラカタウ遠地津波の先行研究では大気波動と津波の共振(coupling)により遠地津波の特徴を説明
- トンガ噴火津波で日本沿岸観測された最大波高は同様の大気波動による可能性

ご質問・ご意見は綿田までご連絡ください。