

A background image featuring a compass in the top left corner and a map of the world in the rest of the frame. The compass shows cardinal directions (N, SE, E, S) and degree markings. The map is a stylized, light-colored world map with some text like 'CAPE SABLE' and 'AFRICA' visible.

海洋学の科学

—波はどこから来るのでしょうか— 波の発生と消滅

教科書対応箇所 「第2.5章 波の発生と消滅」 p. 64 ~ p. 73



波の映像



- <https://youtu.be/ip62Dn-CpbY>

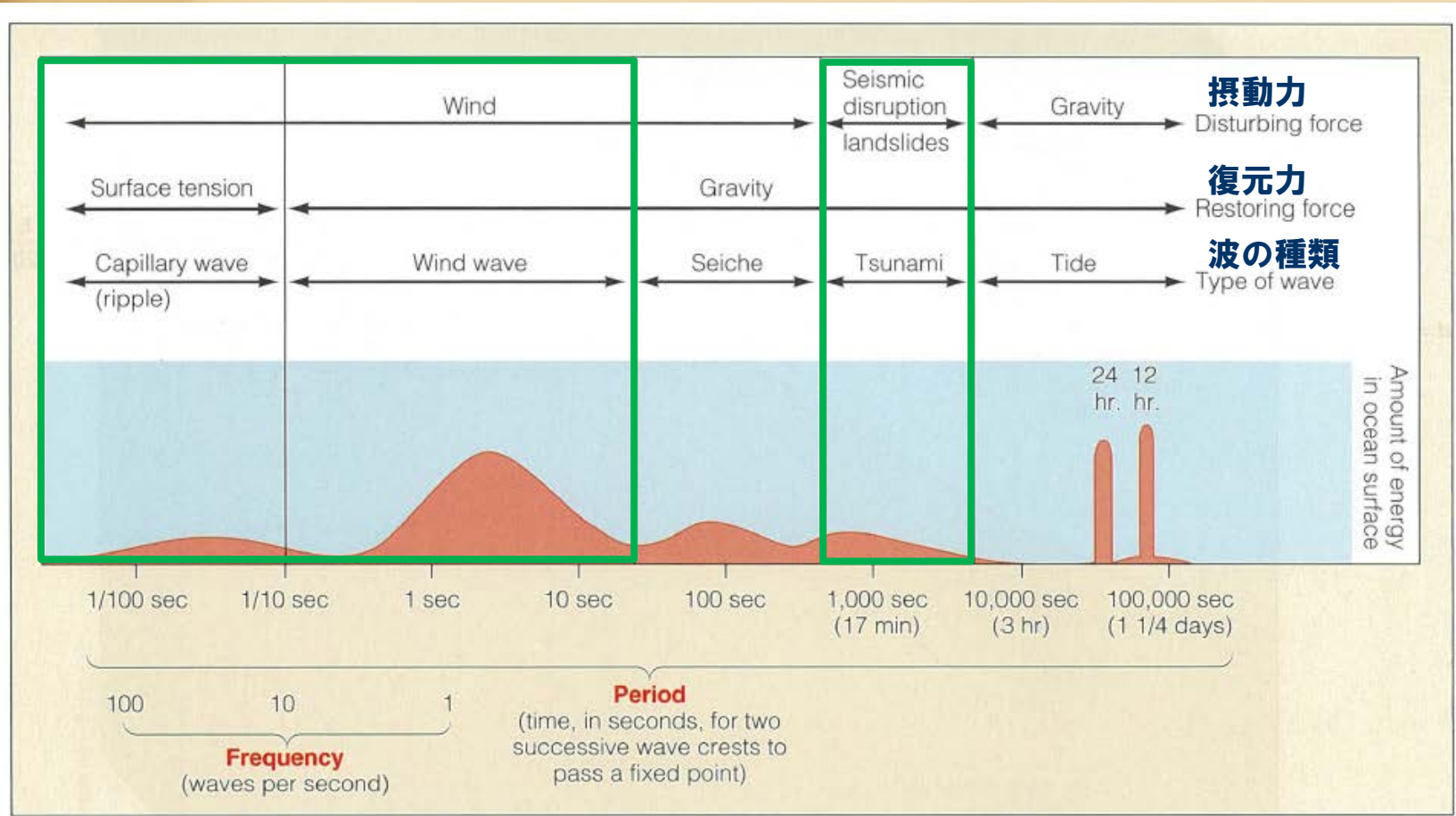


海の波について考える

- 風浪の発生
- 波の速度と海底までの距離
- 晴れた日の波は、どこからくるのでしょうか？
- 海岸の波の形
- 離岸流の恐怖
- 地震による津波災害
- 地震以外の摂動による津波



主な波の周期とエネルギー

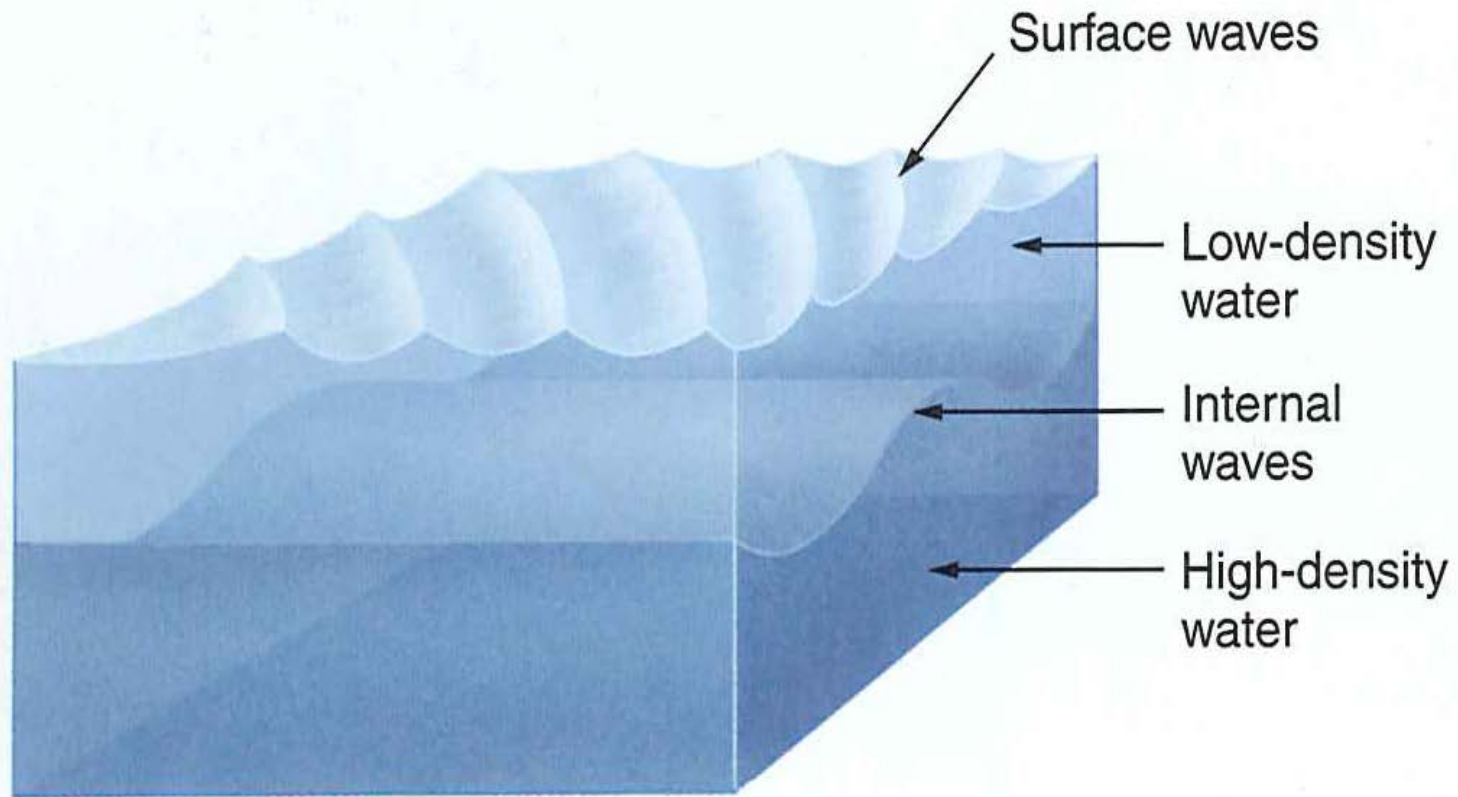


© Cengage Learning 2010

Oceanography (Garrison, 2013)



DISTURBING FORCE (擾動力)



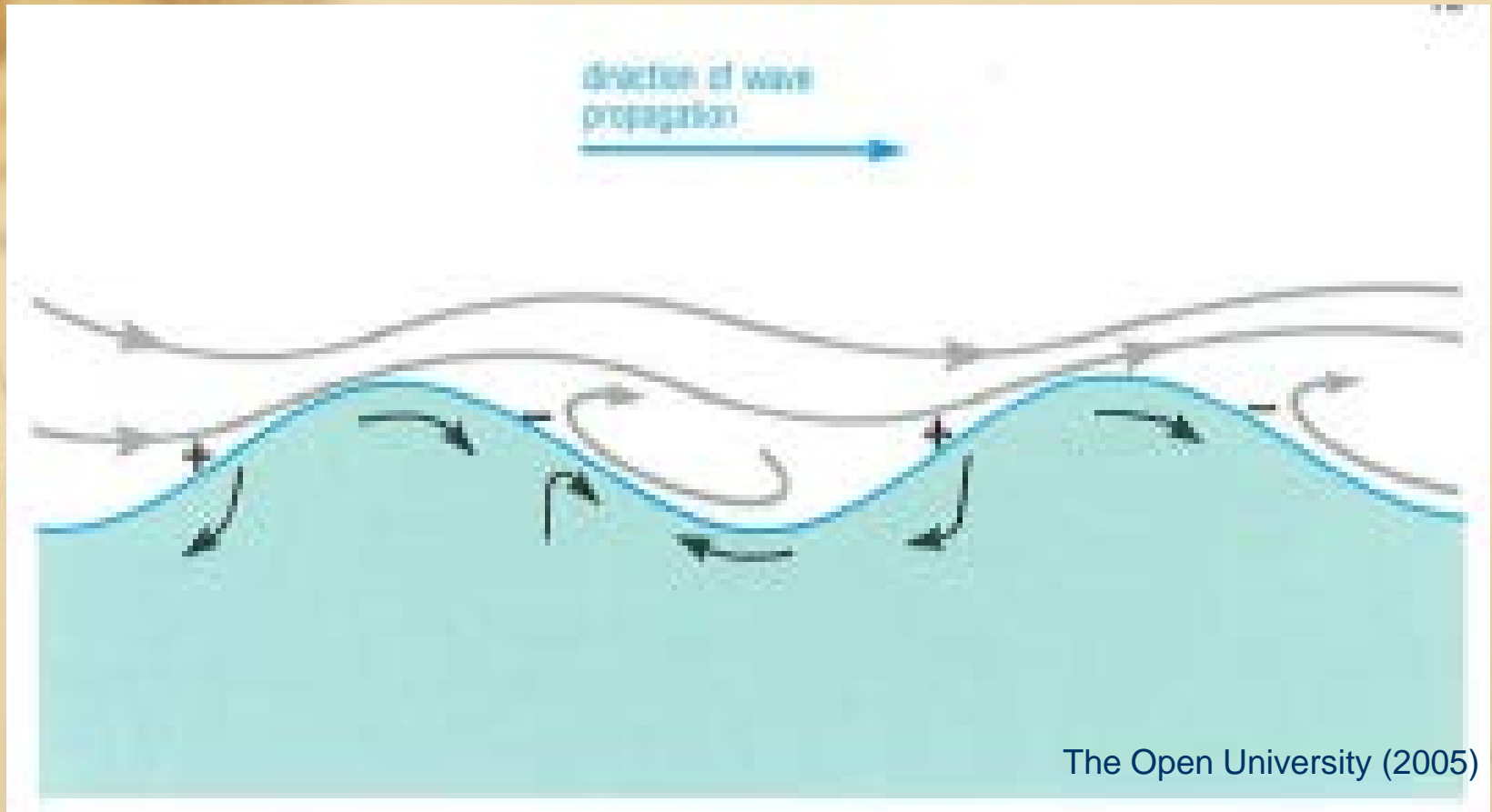
(a)

Essential of Oceanography
(Trujillo and Thurman, 2008)

物質の境界面で発生する波：表面波



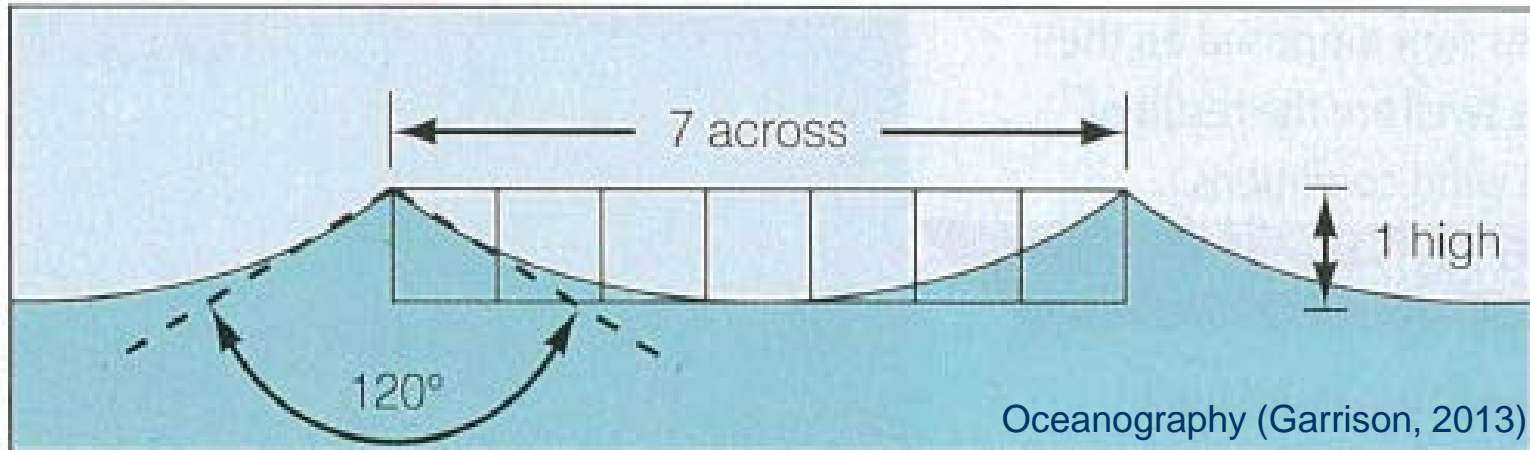
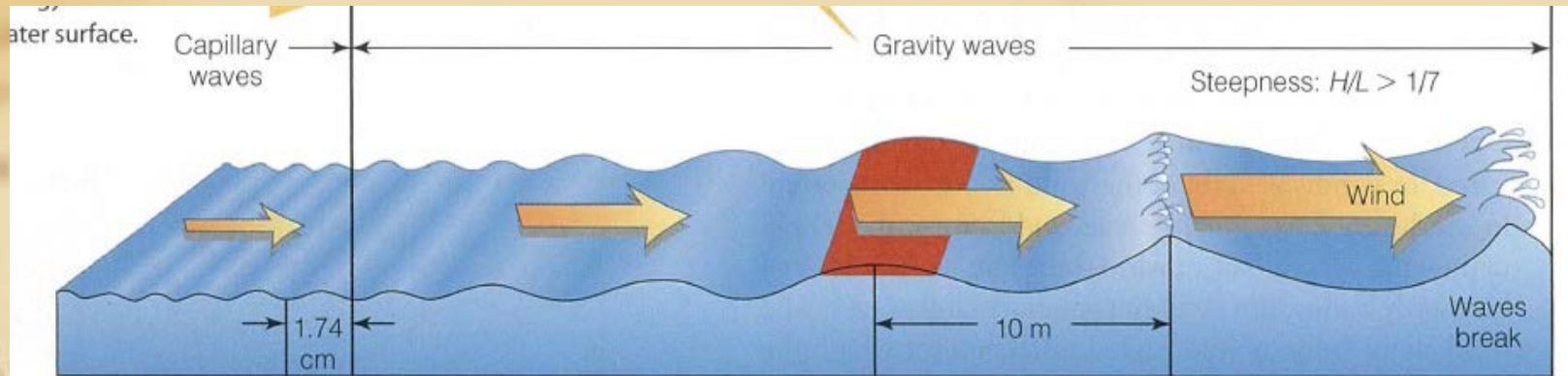
Wind Wave (風浪) はどうやってできるのか？



- 風浪の発達には、風速、連吹時間、吹送距離に依存。風速が波の速度以下になると波は成長できない。



風の強さと波の関係



波高は波長の $1/7$ を超えない。それ以上波が尖ってくると白波となってエネルギーを開放する。



アヒルのおもちゃはほぼ同じ場所で円運動している。

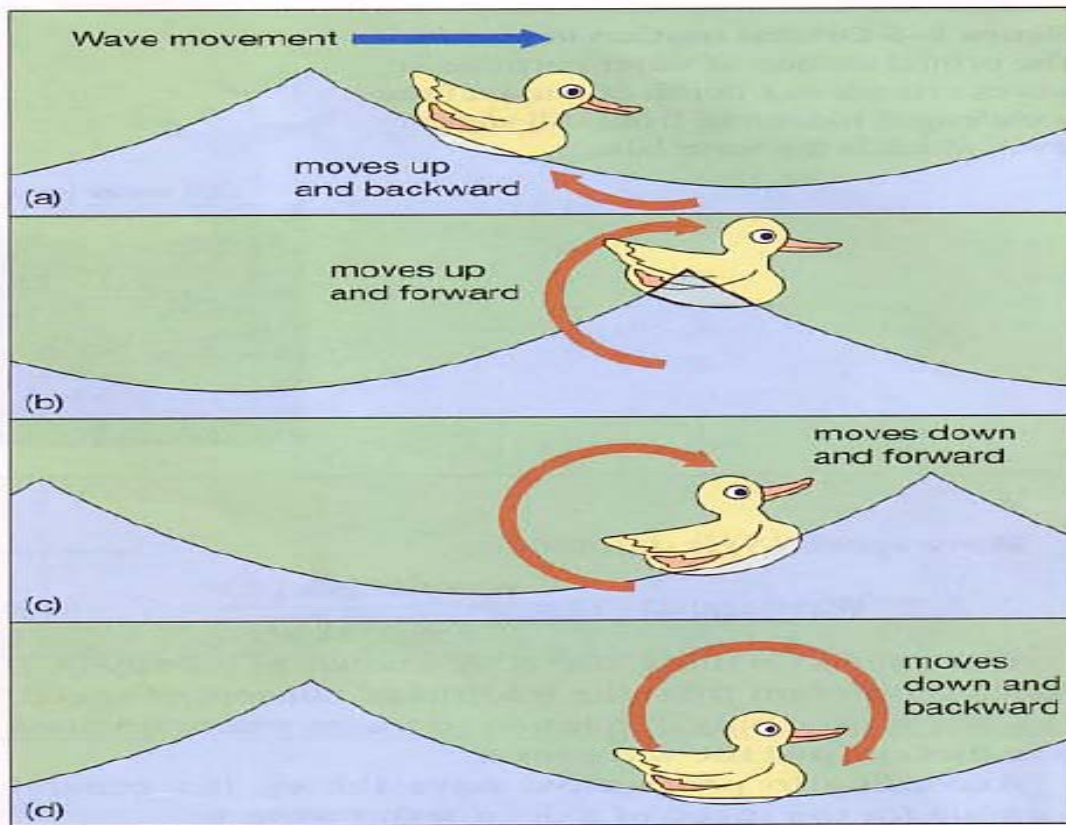


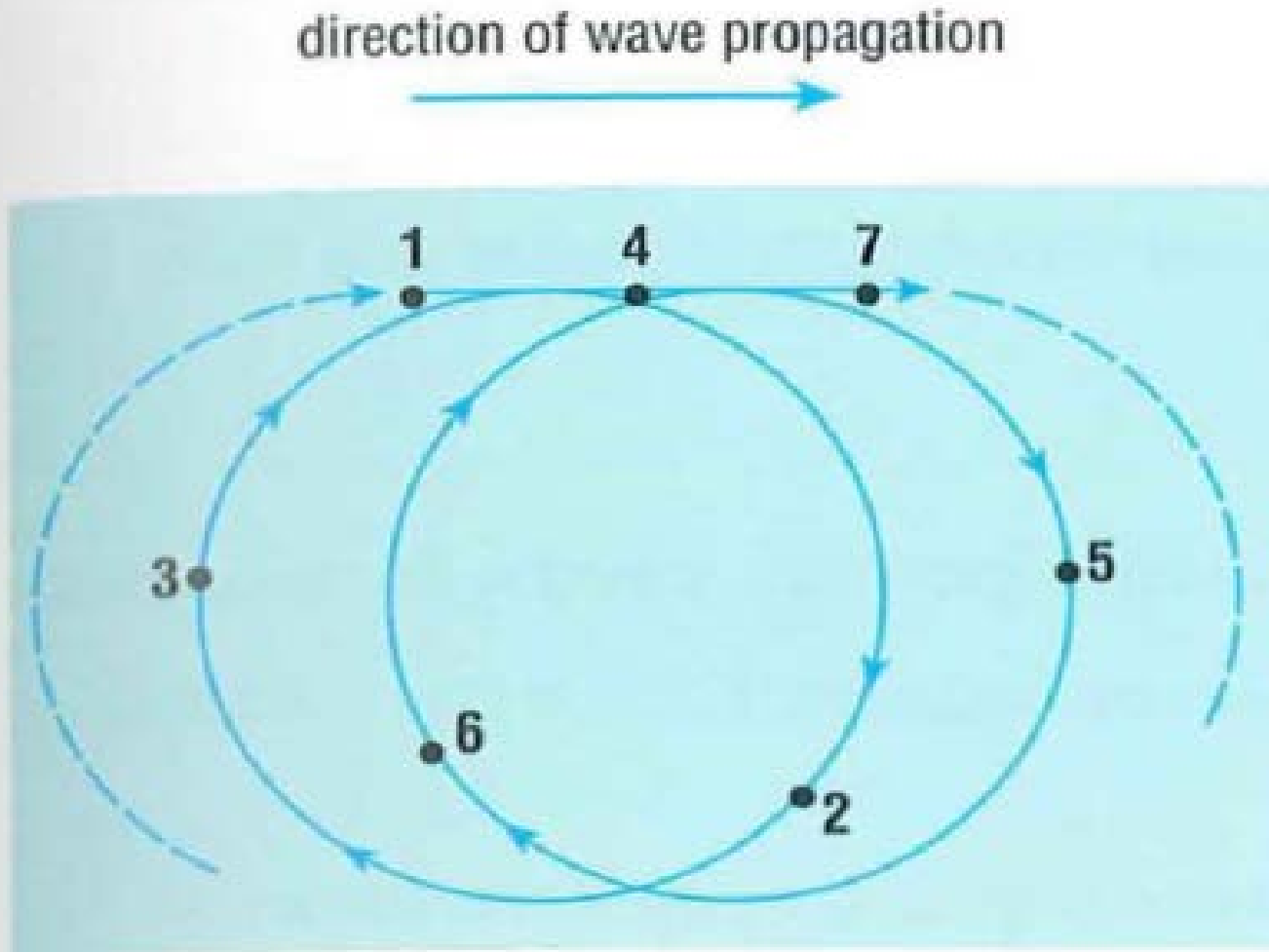
Figure 8-4 A rubber duck in water. As waves pass, the motion of a floating rubber duck resembles that of a circular orbit.

Essential of Oceanography
(Trujillo and Thurman, 2008)

波は、物質そのものが移動するのではなく、エネルギーが伝播する現象である。



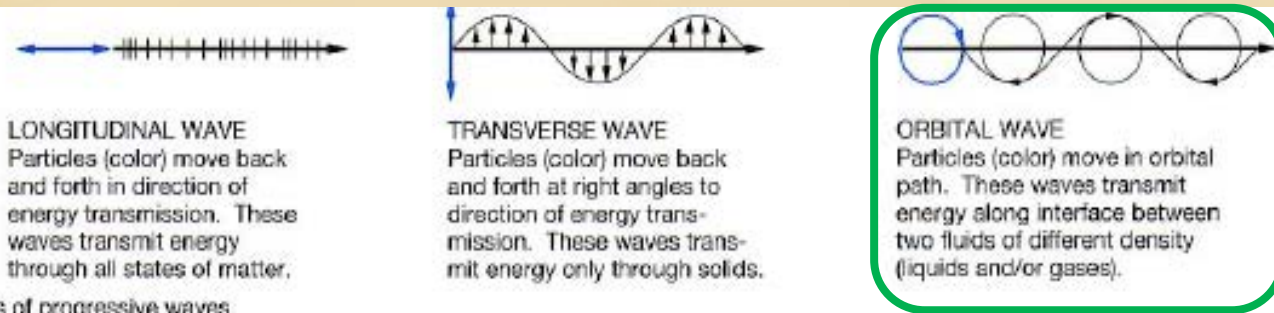
風浪のでき方



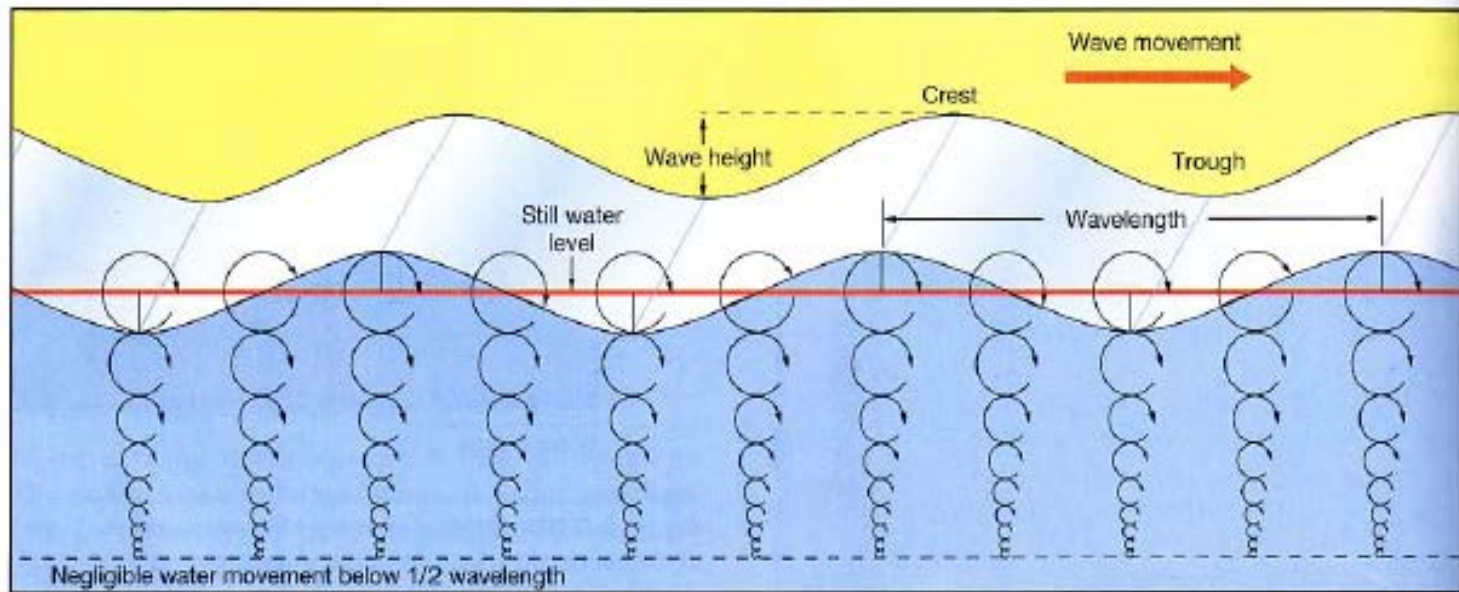
水分子は、風の応力によって波を形成する。その時、水分子自体は円運動をしてエネルギーを伝達する。風下側である波の移動方向に水分子がドリフトする。



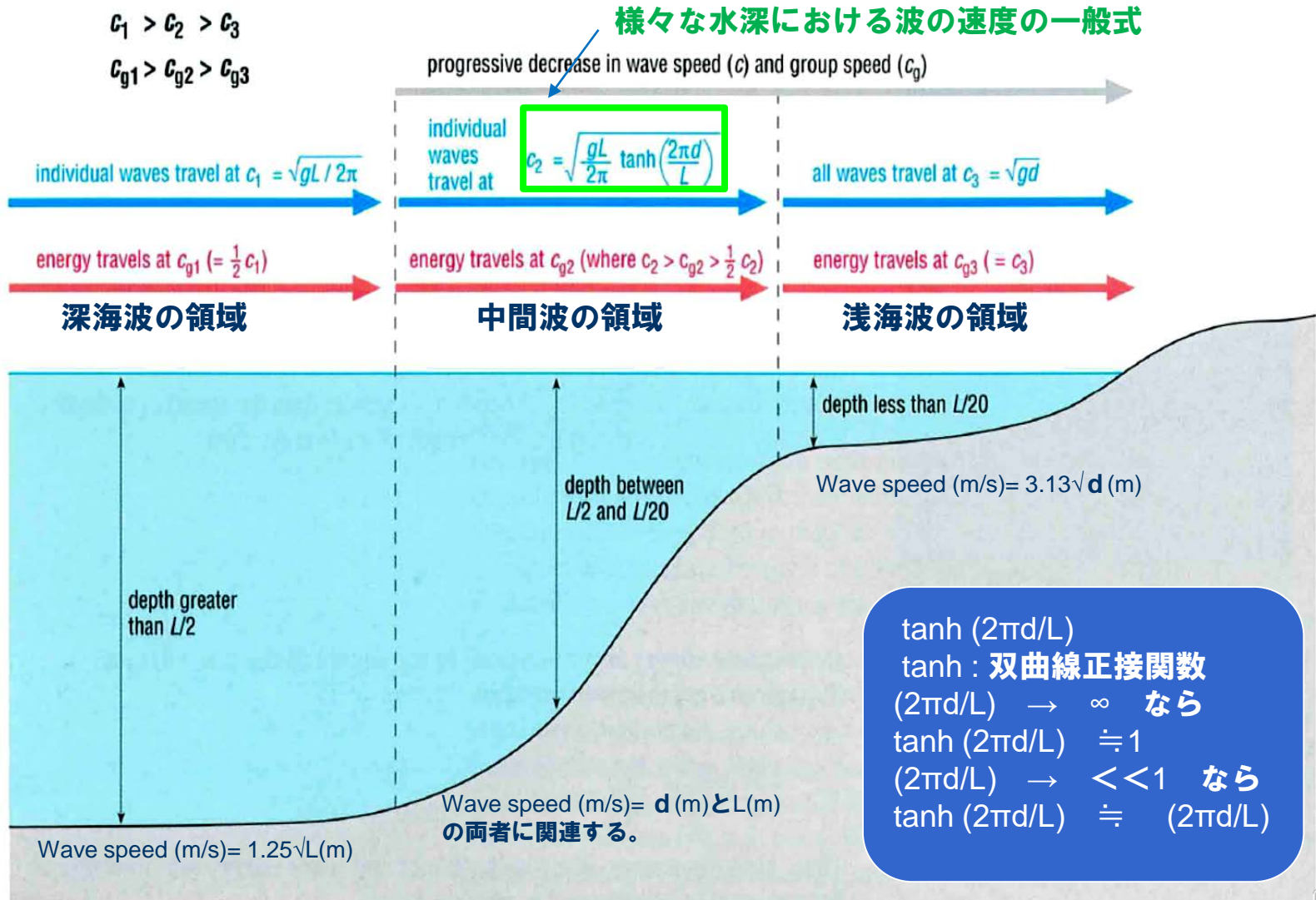
水深が十分 ($L/2$)ある場合



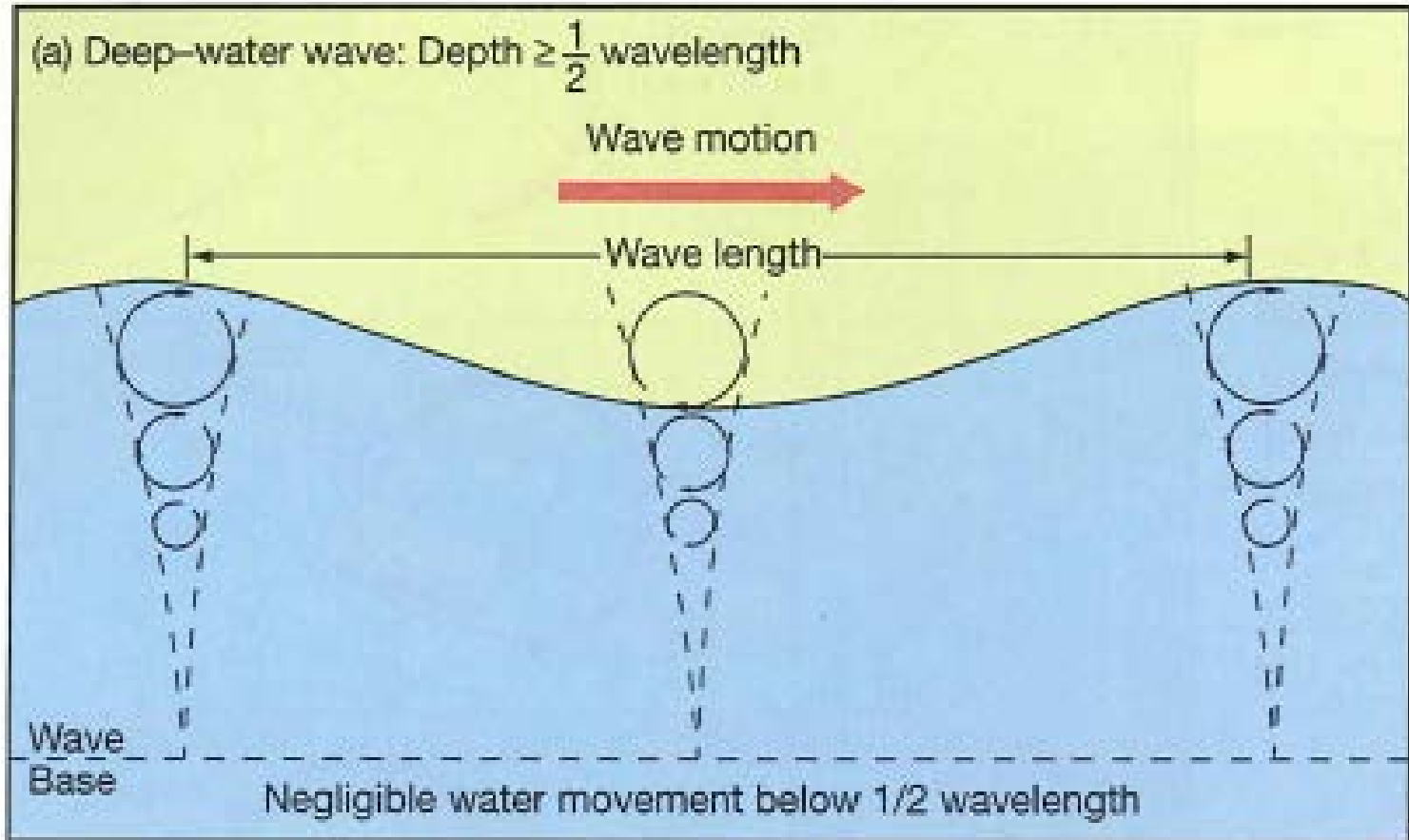
(a) Types of progressive waves



Wind Wave (風浪) の速度



深海波の場合

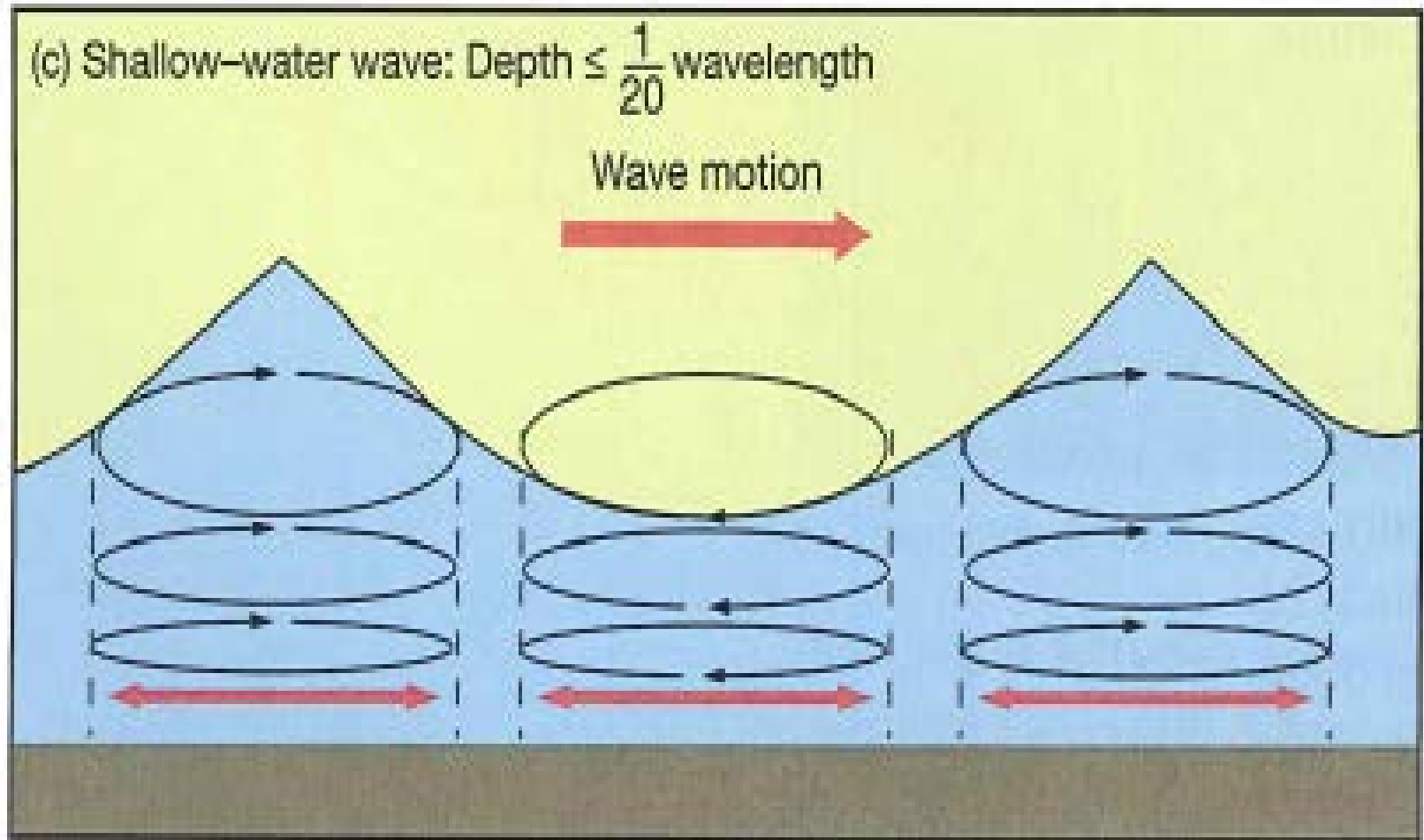


Essential of Oceanography (Trujillo and Thurman, 2008)

大陸棚の外側では、風浪は深海波として振る舞う。



浅海波の場合



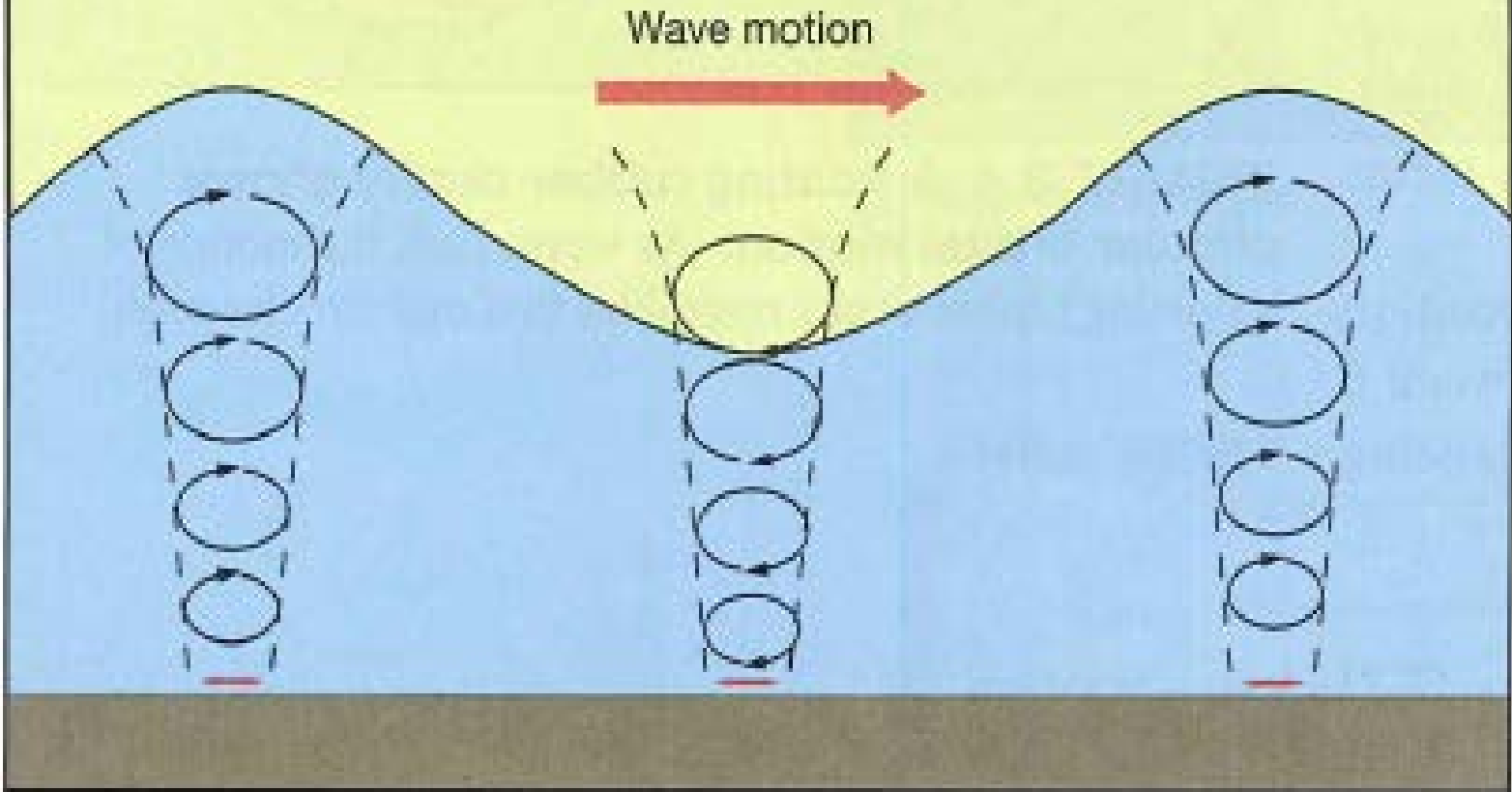
Essential of Oceanography (Trujillo and Thurman, 2008)

水深が浅くなる沿岸域では、風浪も浅海波として振る舞う。面白い事に、巨大な津波や波長が2万kmに達する潮汐波も浅海波と見なされる。従って、水深が波の進行速度を決める。

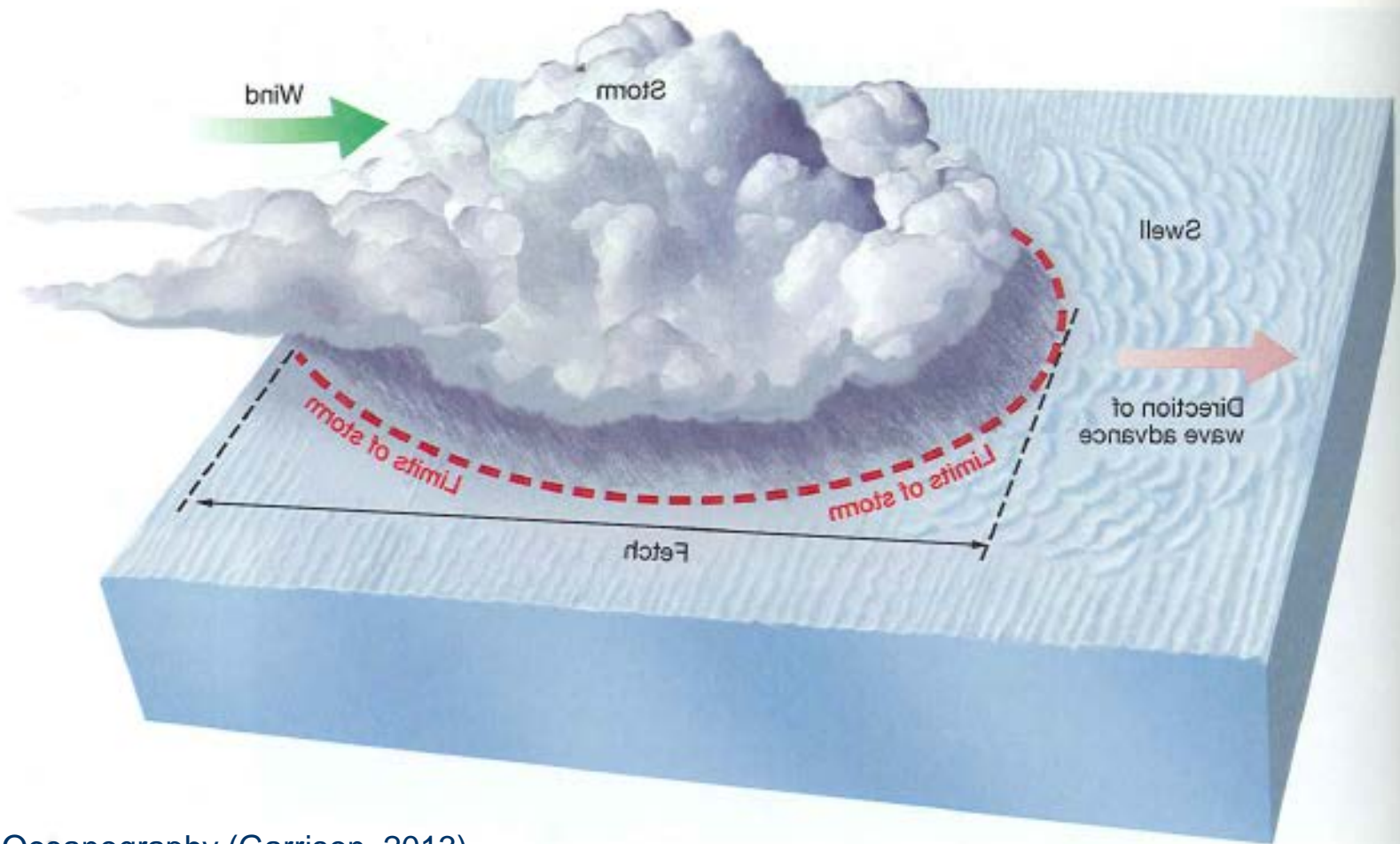


中間波の場合

(b) Transitional wave: $\frac{1}{20}$ wavelength \leq depth \leq $\frac{1}{2}$ wavelength



波を作り出す風

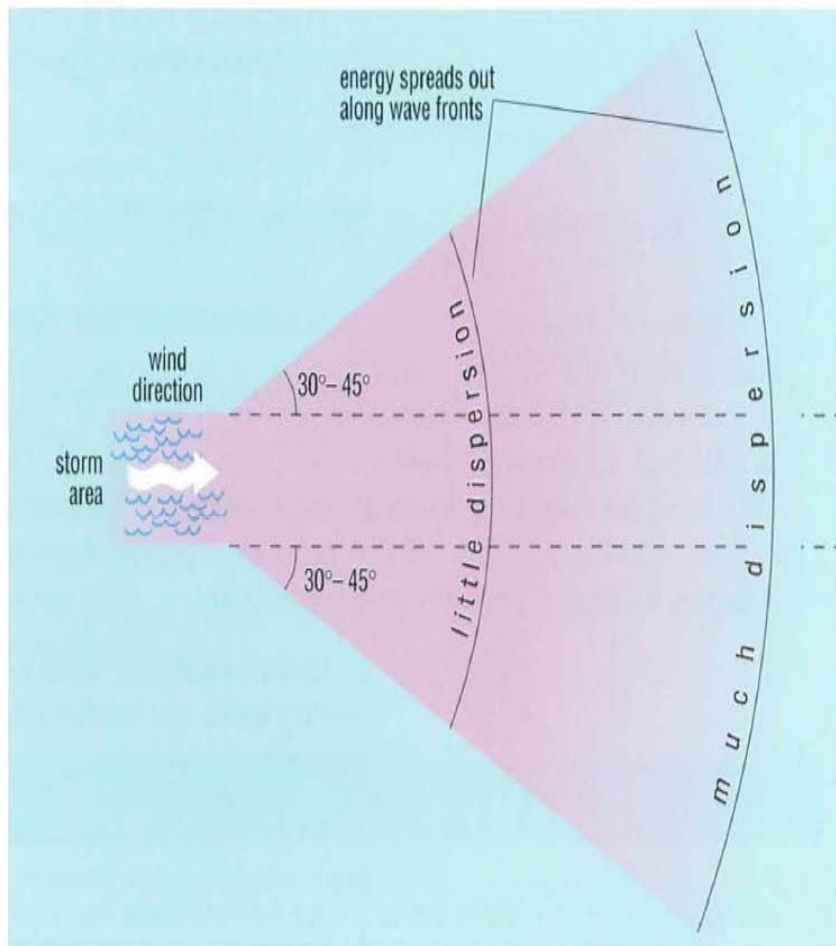


Oceanography (Garrison, 2013)

嵐の中心部である強風領域では、様々な波長および波高の波が形成される。



うねりのでき方



(a) The Open University (2005)

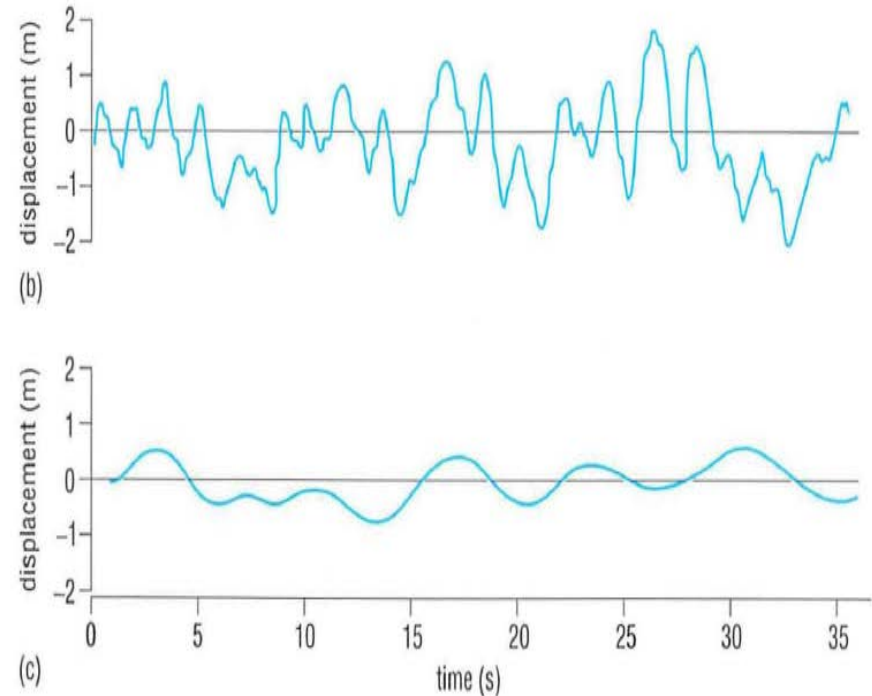
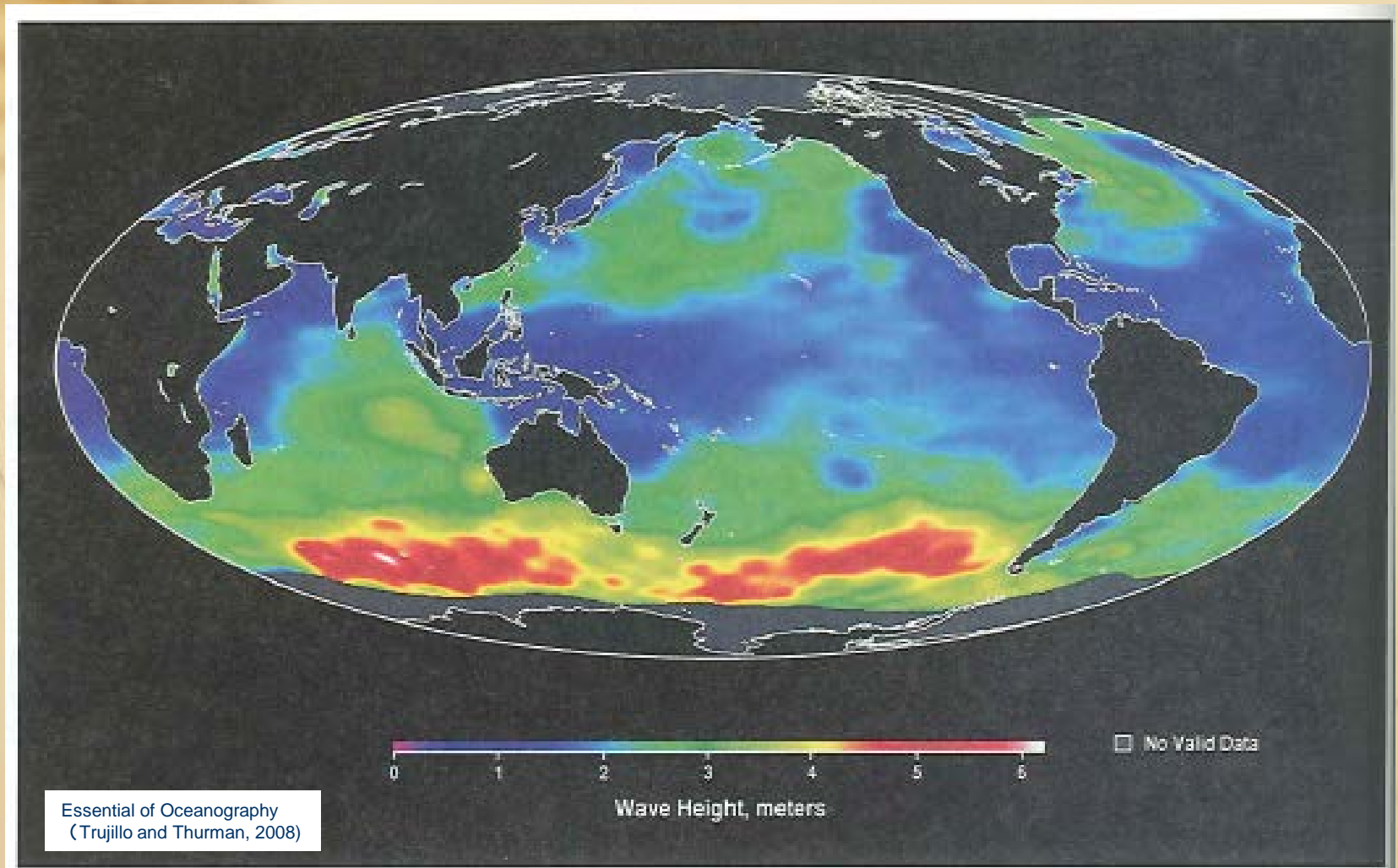


Figure 1.11 (a) The spreading of swell from a storm centre, showing the area in which swell might be expected. As distance from the storm increases, the length of the wave crest increases, with a corresponding decrease in wave height and energy per unit length of wave – spreading loss, discussed opposite.
(b) Wave record near a storm centre.
(c) Wave record of swell, well away from the storm centre.

波長の長いうねりは、速度が速いため波長の短い波から分離して拡散していく。一般に台風の移動速度よりもうねりが速いため、大波が嵐の前触れとなる。



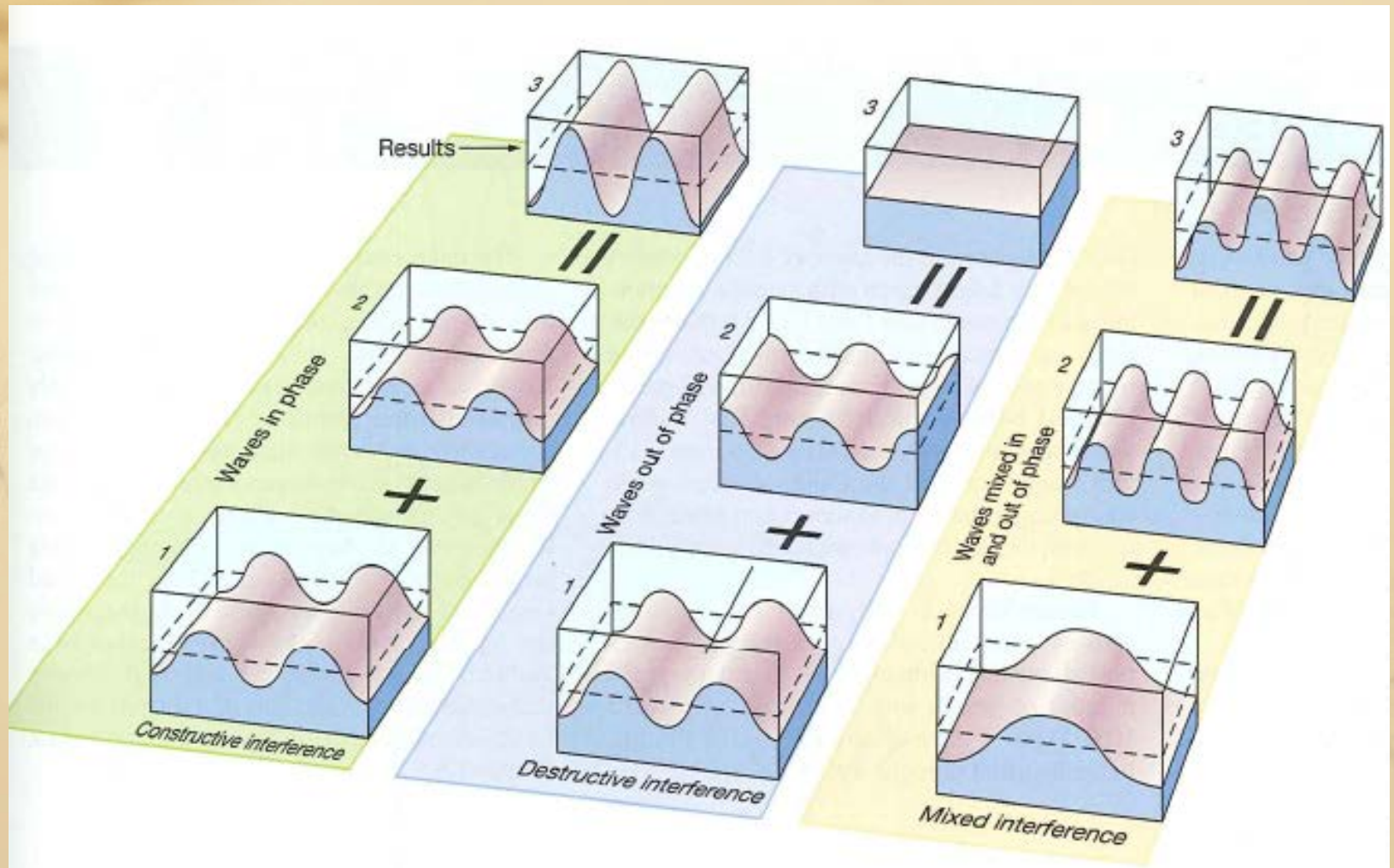
波の高い海域



地球上における風の強い地域は、風浪の生産場でもある。うねりなどの風浪は、エネルギーロスも少ないため遠くまで到達する事が出来る。冬場、ハワイにもたらされる大きなうねりは、日本やアリューシャンで発生した嵐に起因しているかもしれません。



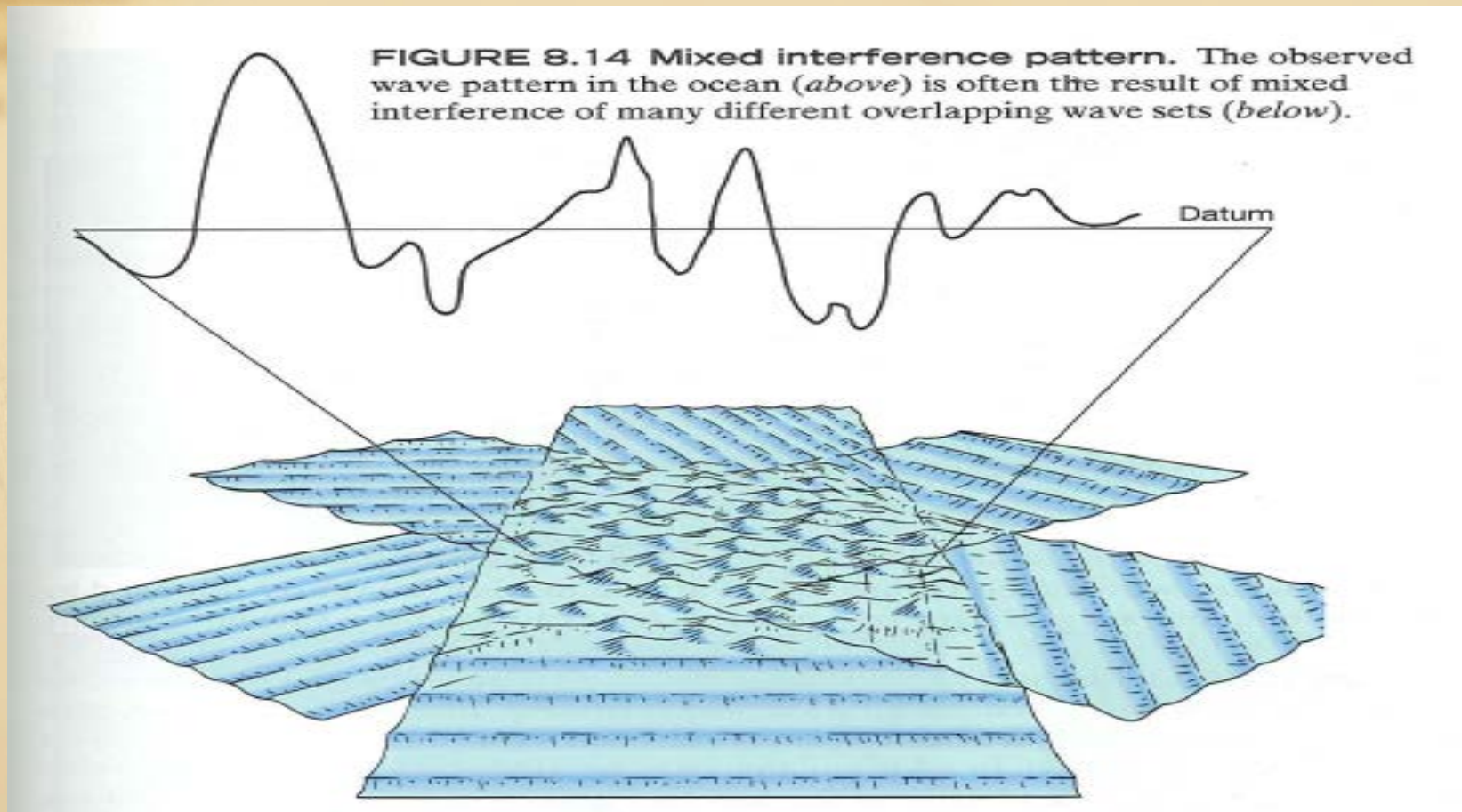
一般的な波の合成



Essential of Oceanography (Trujillo and Thurman, 2008)

波の合成には、周期の違いや方向の違いなども結果に大きく影響する。

波の合成による様々な波高

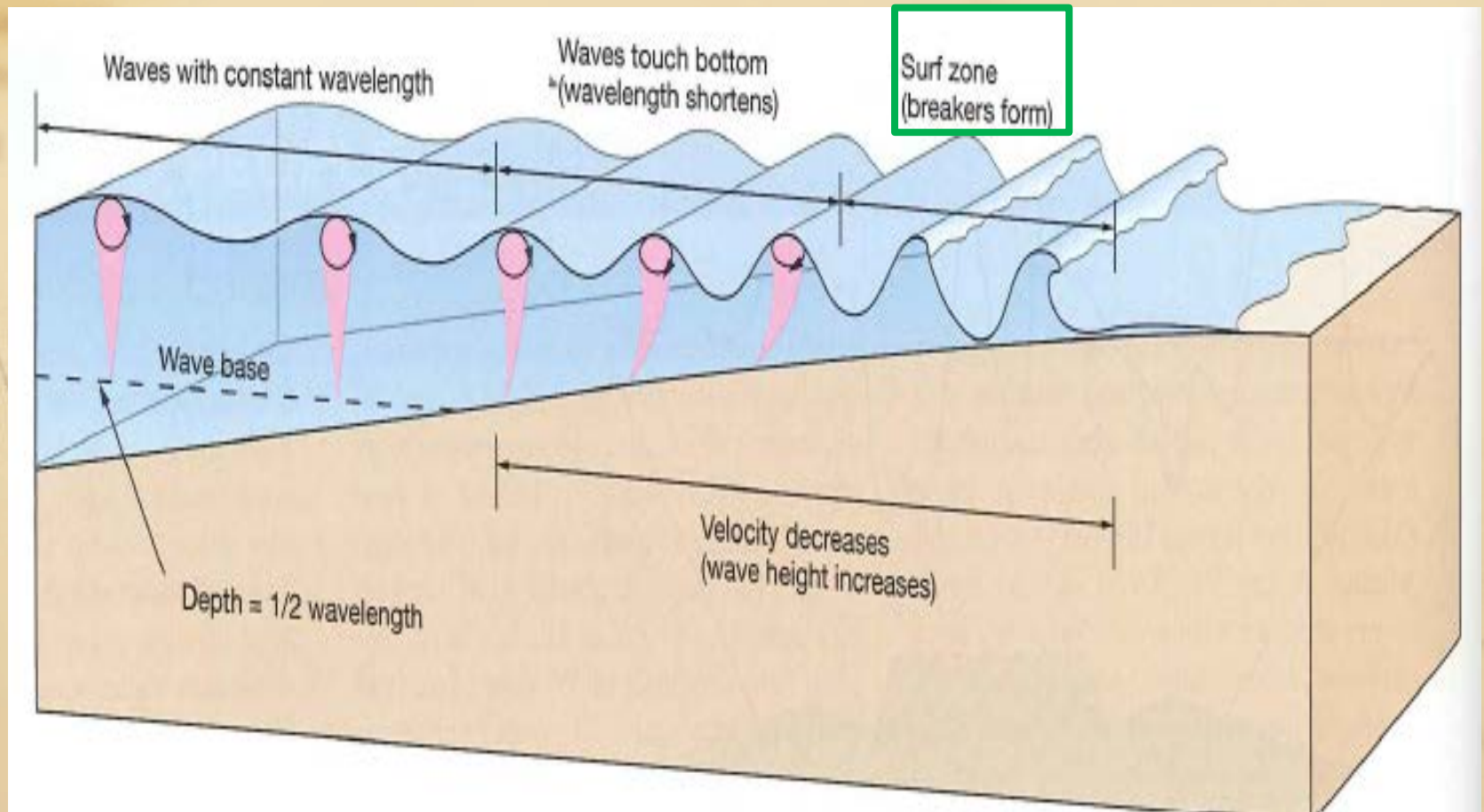


Essential of Oceanography (Trujillo and Thurman, 2008)

複数の低気圧によって形成された風浪は、多方向から進行してきて、ある地点で重ね合わされて巨大な波に成長する事がある。このような三角波や一発大波による海難事故も多い。



水深の変化に伴う波の変化



Essential of Oceanography (Trujillo and Thurman, 2008)



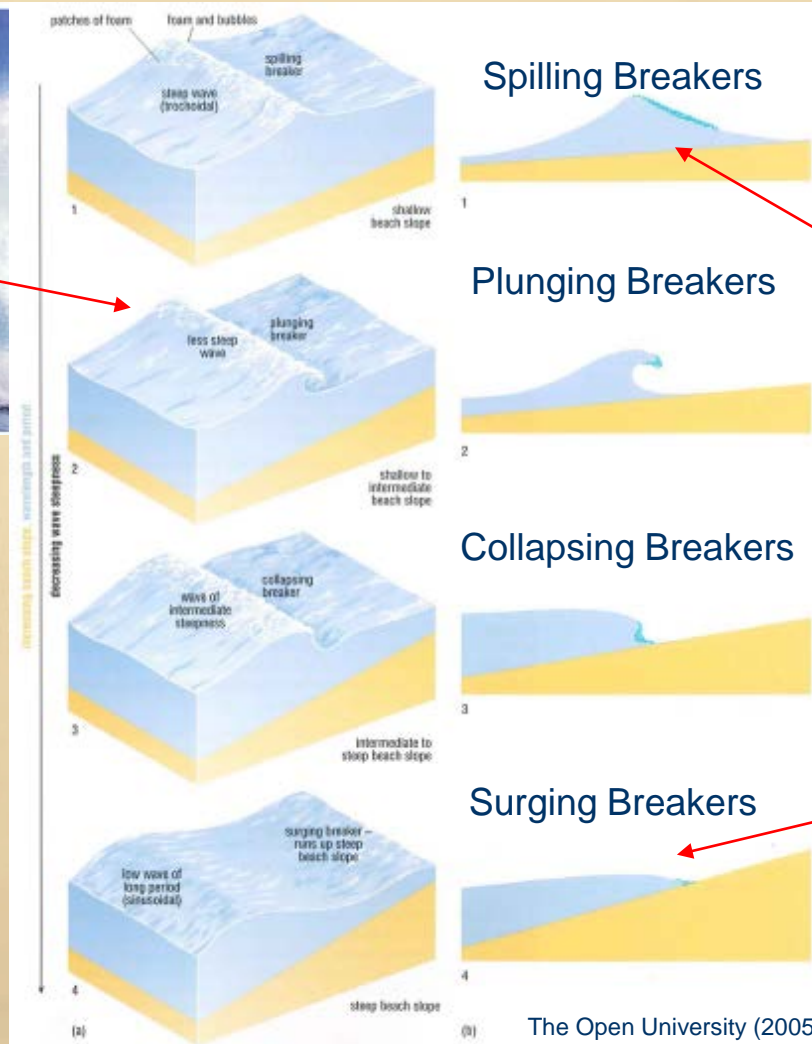
サーフゾーンにおける波の形状変化



Essential of Oceanography
(Trujillo and Thurman, 2008)

海底面の形状（傾斜の違い等）の違いや波の波長および波高によって海岸に近づいて来た時の波の砕け方が変わってくる。

海底で減速された円運動が、波高を増加させる。その結果、 H/L が $1/7$ を超えると波頭が壊れる。さらに減速されると波頭が前のめりになって崩れ落ちる。



The Open University (2005)



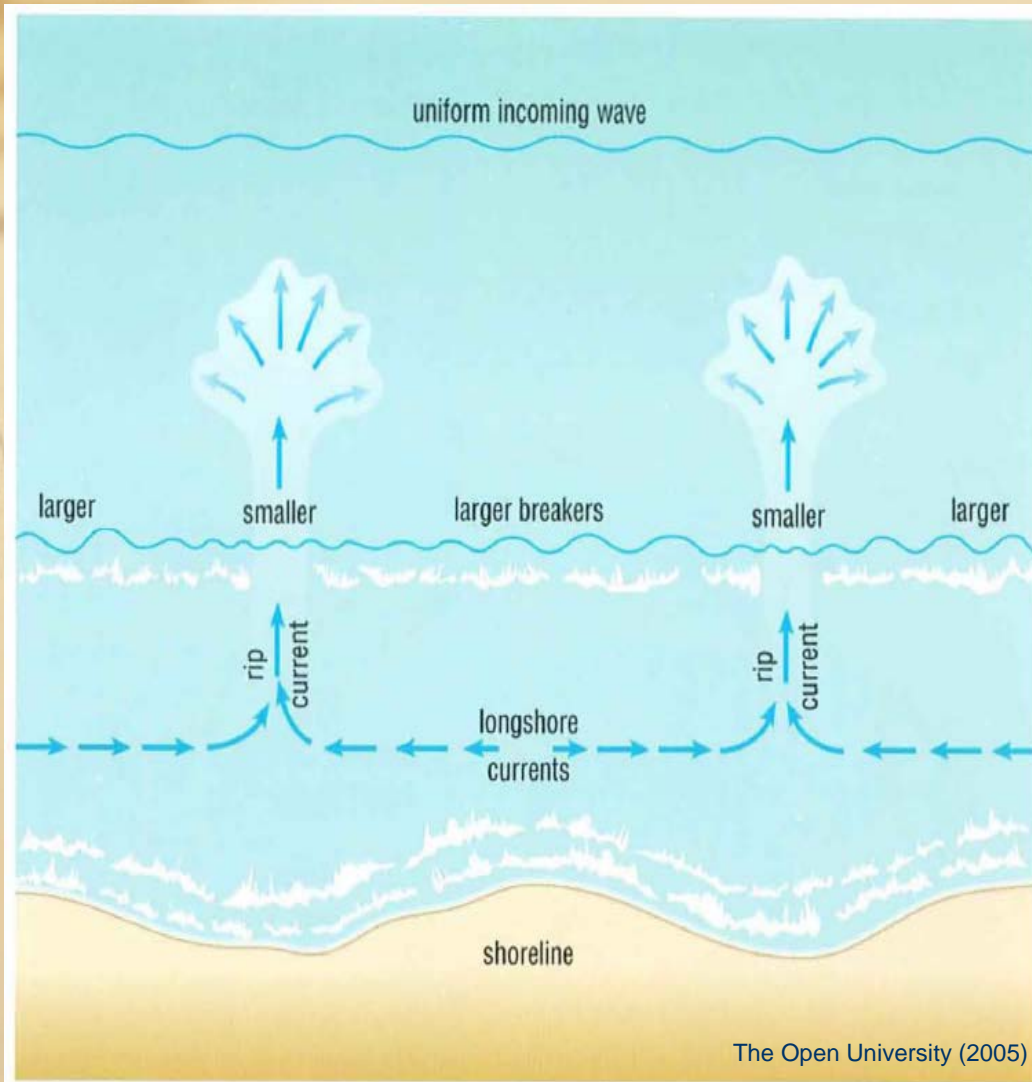
Essential of Oceanography
(Trujillo and Thurman, 2008)



Essential of Oceanography
(Trujillo and Thurman, 2008)



波打ち際で発生する離岸流の恐怖



length of time. In fact it is useless to swim for long against a current stronger than about 2 kilometers (1.2 miles) per hour. Rip currents can travel hundreds of meters from shore before they break up. If a light-to-moderate swell is breaking, numerous rip currents may develop.

in rip currents. Swimmers caught in a rip current can escape by swimming parallel to the shore for a



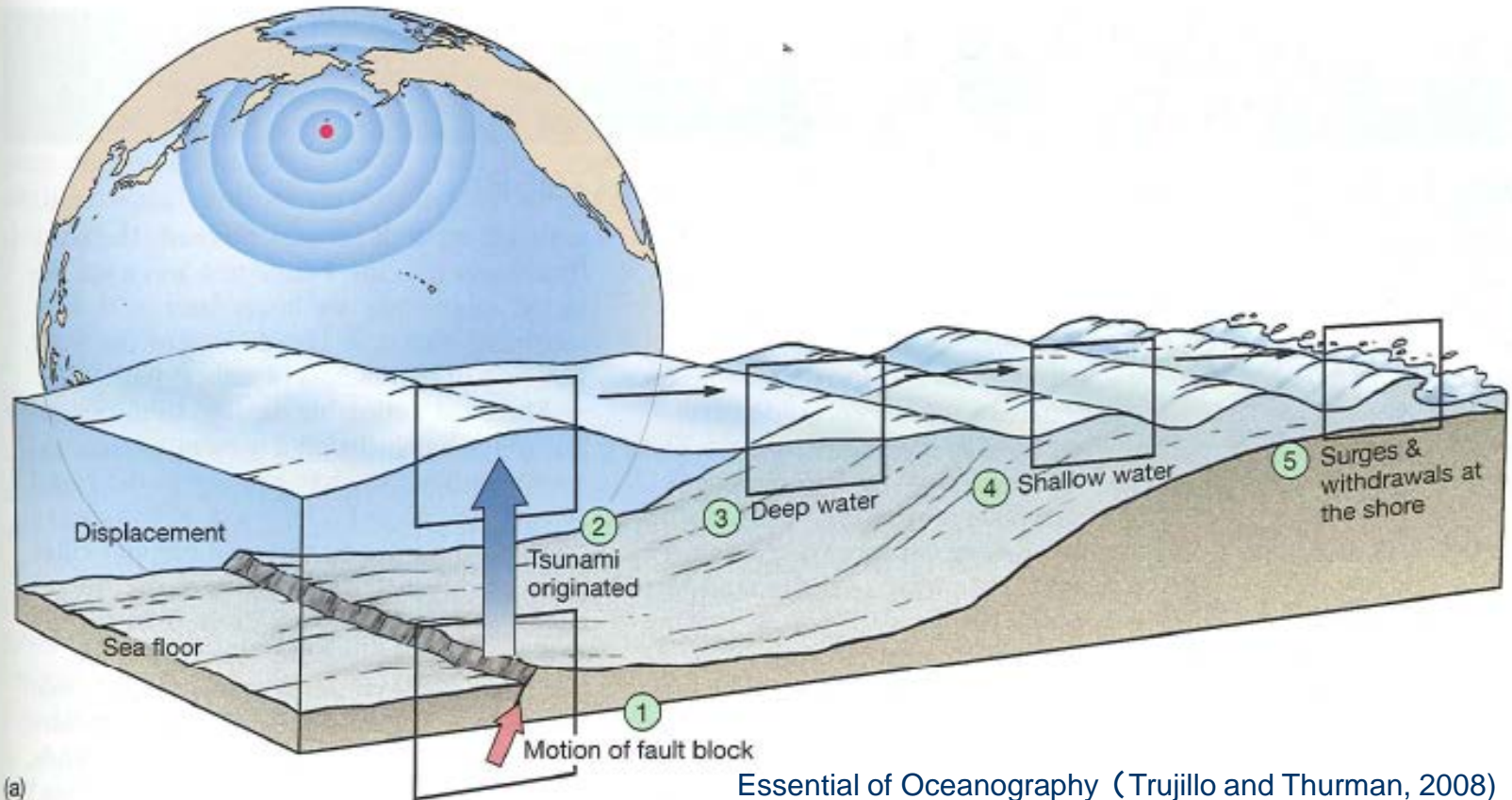
海岸に打ち寄せた波（海水の塊）は、一般に沖合に向かって海底をシート状に戻るのであるが、中には海面上までも沖合に戻る通り道が形成され、“離岸流”となる。離岸流（Rip Currents）は、幅15～45mで、時速8km程度の流れにも達する。そして数百mもの沖合にまで連続する。そのため、離岸流に捕まってしまうと、大抵の人の泳力では逃げ切れず、沖合に流されてしまう。

海上保安庁のHPで詳しく説明されている：

<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/ripcurrent/ripcurrent.htm>



津波発生メカニズム



地震による津波は、海底の急激な地形変化（地震の結果生ずる）が振動となり、海面に波が形成される。この波は、波高に対して波長が極めて長い事の特徴とする。スマトラ沖地震の場合は、波長200kmで波高が10mであったとされる。津波は、浅海波なので速度は、 $3.1\sqrt{d}$ で近似できる。水深を4000mとすれば、津波の速度は196m/sと計算される。



1990年からの津波災害

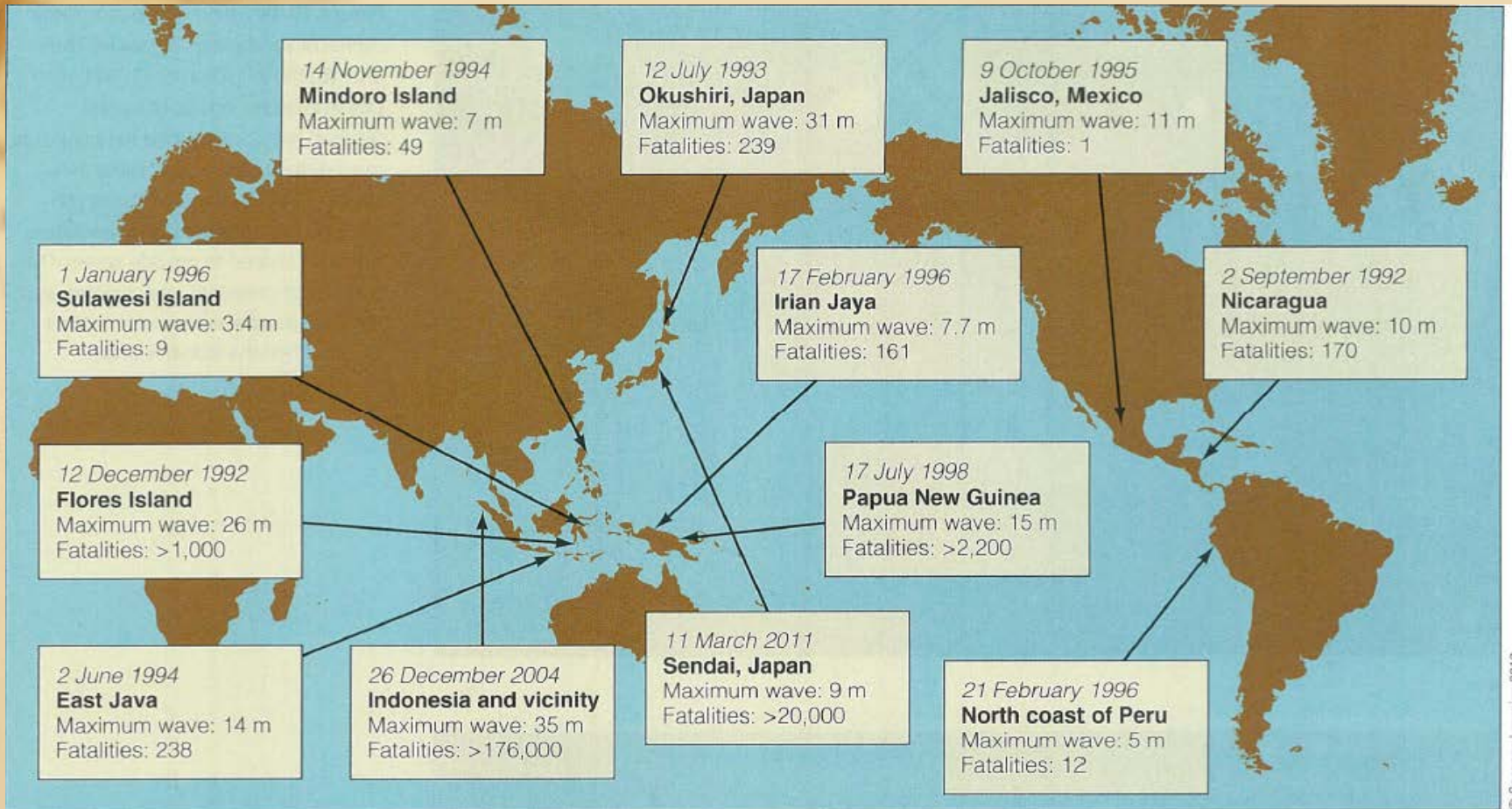


Figure 10.35 Twelve destructive tsunamis have claimed more than 180,000 lives since 1990.

Oceanography (Garrison, 2013)



津波は、Surging Breakers タイプ



http://www.jiji.com/jc/d4?p=flo100&d=d4_quake

http://www.kahoku.co.jp/tohokunews/201602/20160207_33044.html

2011年東日本大震災時の津波の様子明瞭な波形を観察できない、サージ型の波である事が良くわかる。従って、遠くからその存在を視認する事が難しい。これが、津波の特徴である。



南三陸町の津波被害

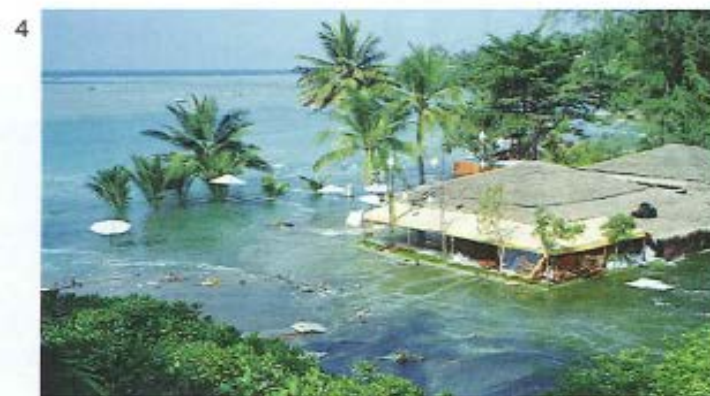
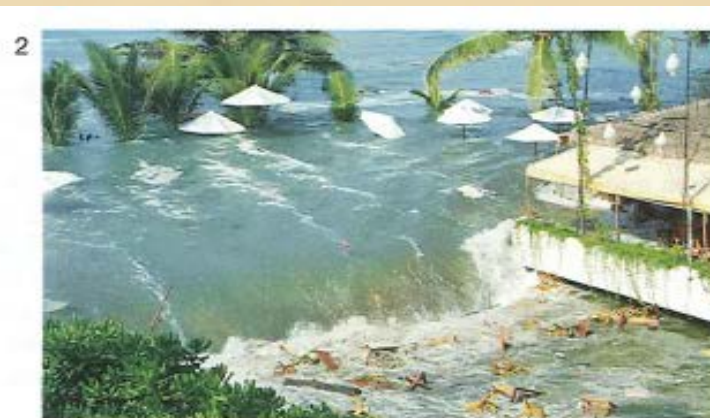
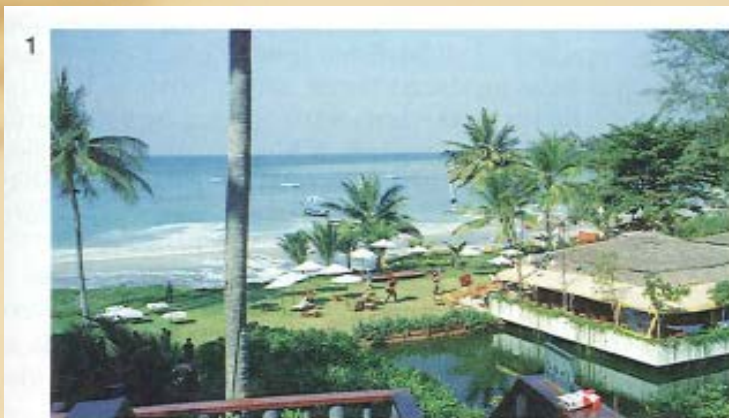


2013年3月撮影

震災当時（2011年3月11日）14時の気温 1.6°C 、付近の表面海水温 7°C という条件下で多くの人は海水にのまれた。



2004年インド洋の津波の例



Essential of Oceanography (Trujillo and Thurman, 2008)

ここでもやはり砕け寄せ波型 (Surging Wave)



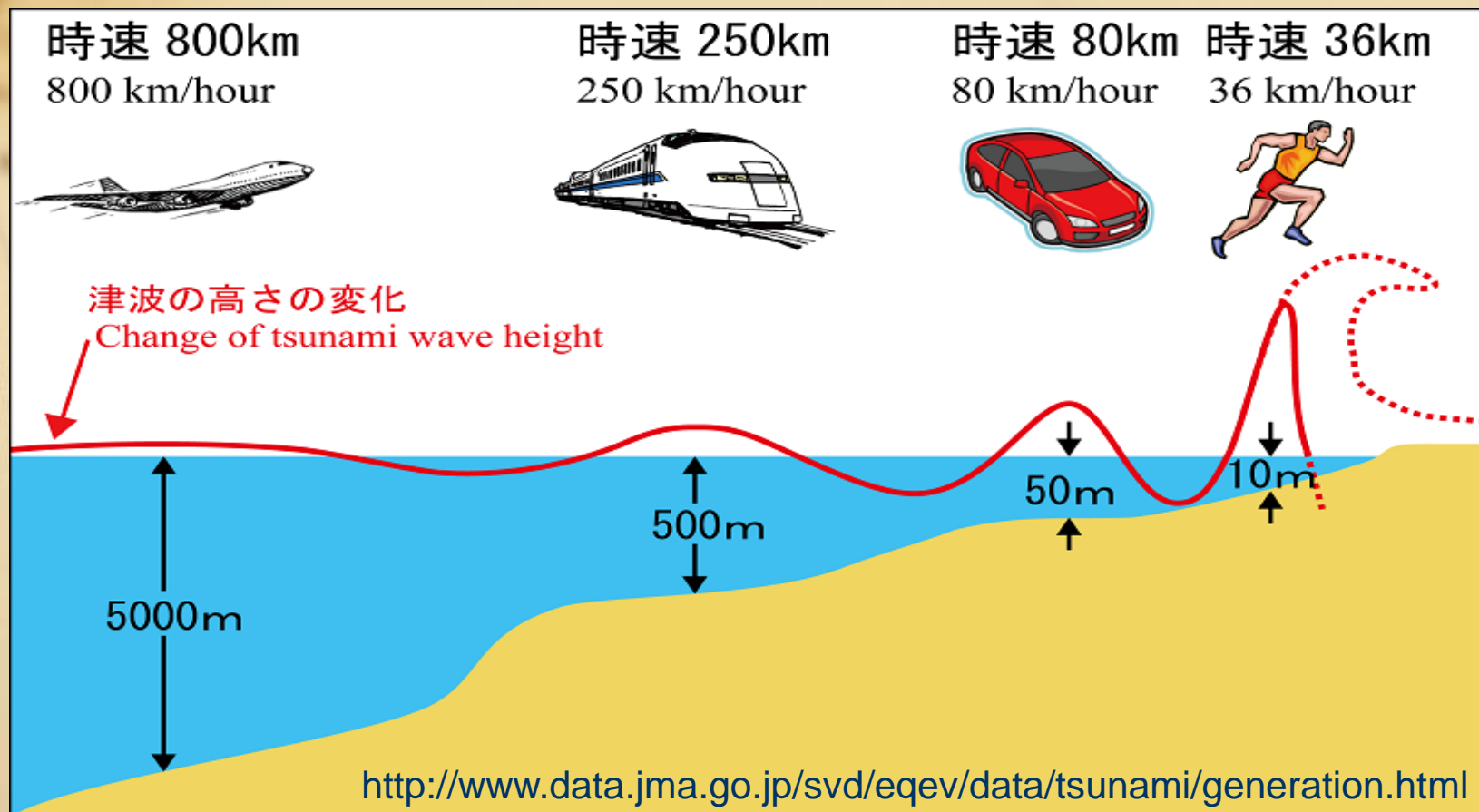
海洋学を知らないとこんな絵を描く



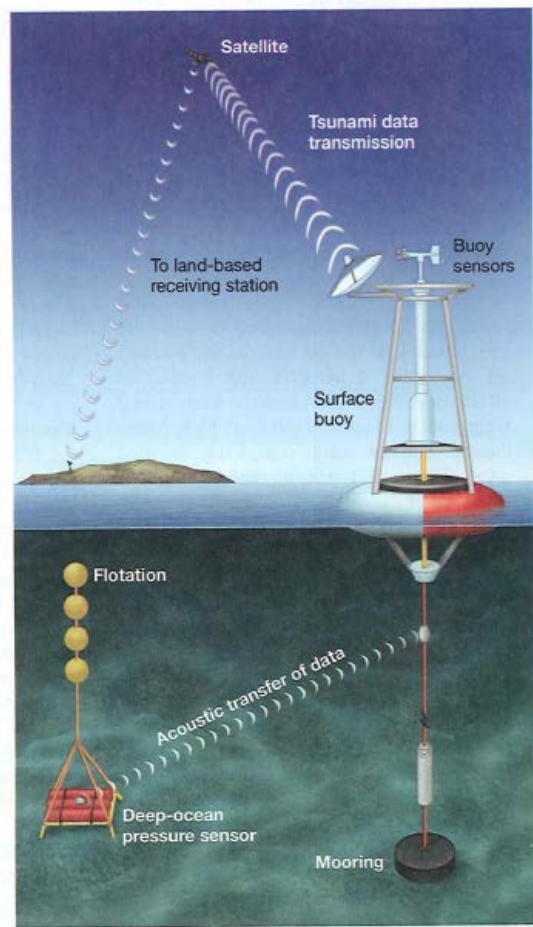
**こんな津波は
ありません！**



それが例え、気象庁の絵であったとしても



津波警報システム



Essential of Oceanography
(Trujillo and Thurman, 2008)

深海での津波検知

- 米国海洋大気庁は1995年から海底津波計 (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis; DART、深海での津波の評価と報告) システムの開発を開始し、2001年までには太平洋に6つのステーションが設置された^[4]。
- 2004年のスマトラ島沖地震での津波により危機意識が高まり、2005年の初めには「2007年の中頃までには32個のDART ブイを追加して設置する」と発表された^[4]。
- まだ津波が海岸から遠い時でも、DARTステーションは、津波に関する詳細な情報を伝えてくれる。各ステーションは、津波の通過を検知して、そのデータを音響モデムで海面ブイに送信する海底圧力レコーダ(約6000mの深度)で構成されている。海面ブイからは、GOES衛星を経由して、PTWCに情報が送られる。海底圧力レコーダは2年間連続動作し、海面ブイは毎年交換される。このシステムにより、太平洋での津波予報・津波警報は大幅に改善された。

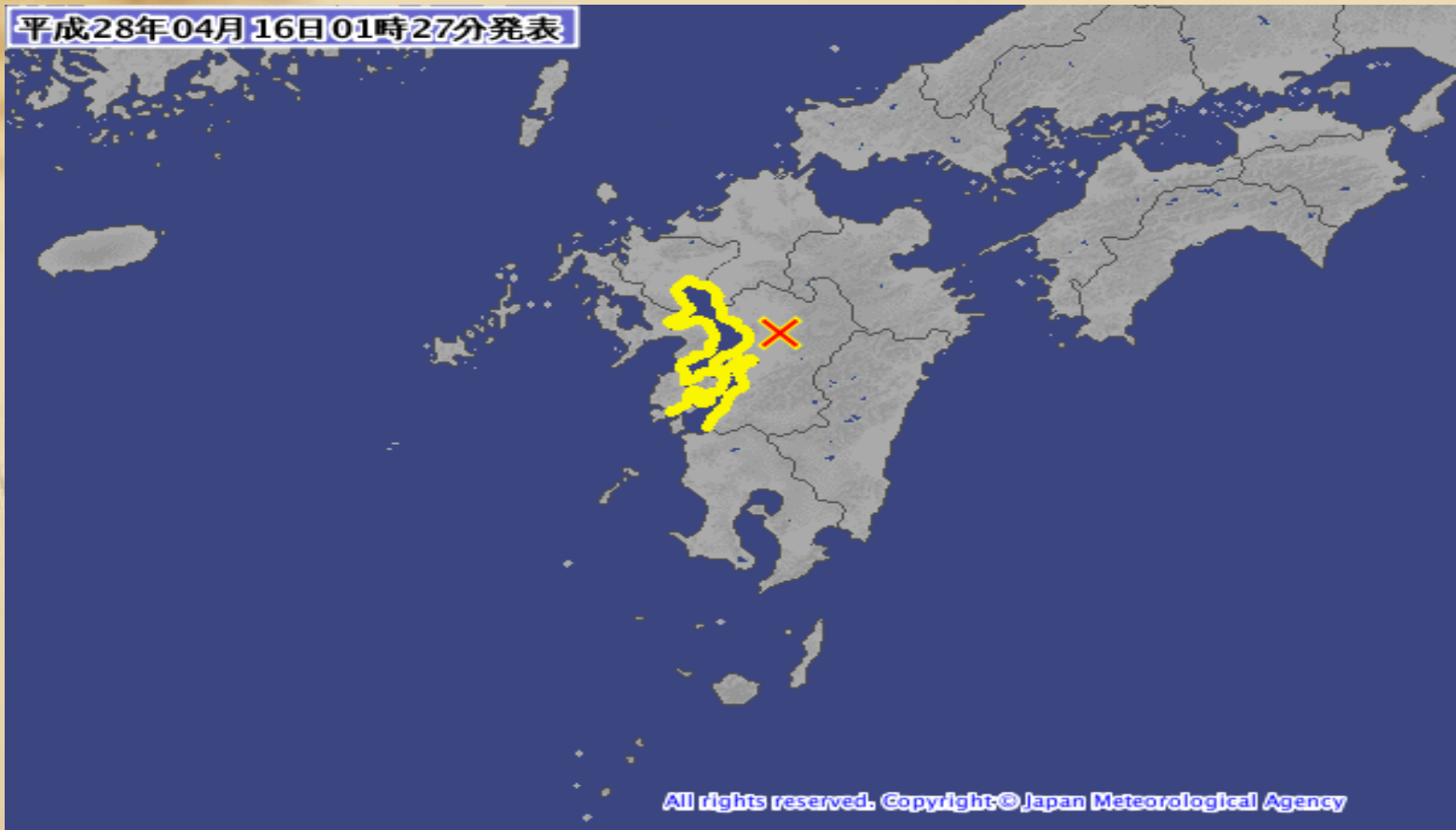
太平洋津波警報センター (Wikipedia:

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E5%B9%B3%E6%B4%8B%56%B4%A5%E6%B3%A2%E8%AD%A6%E5%A0%B1%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC> より)



地震の発生状況に応じて、津波の発生有無がきまる

平成28年04月16日01時27分発表



凡例

大津波警報 3m超

津波警報 1m~3m

津波注意報 0.2m~1m

震央

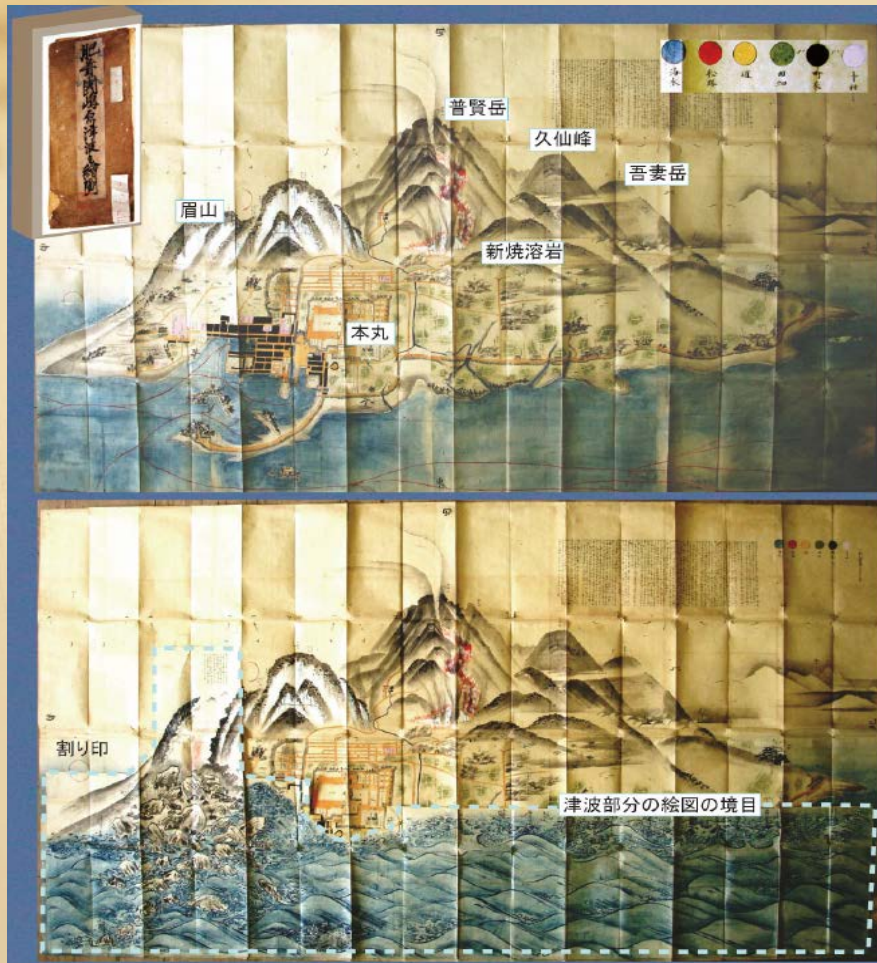
※大津波警報は特別警報に位置付けられています

http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/focus_6_03_20160416012755.html

熊本地震の本震は内陸で発生した横ズレ断層なのだけれども。。。。



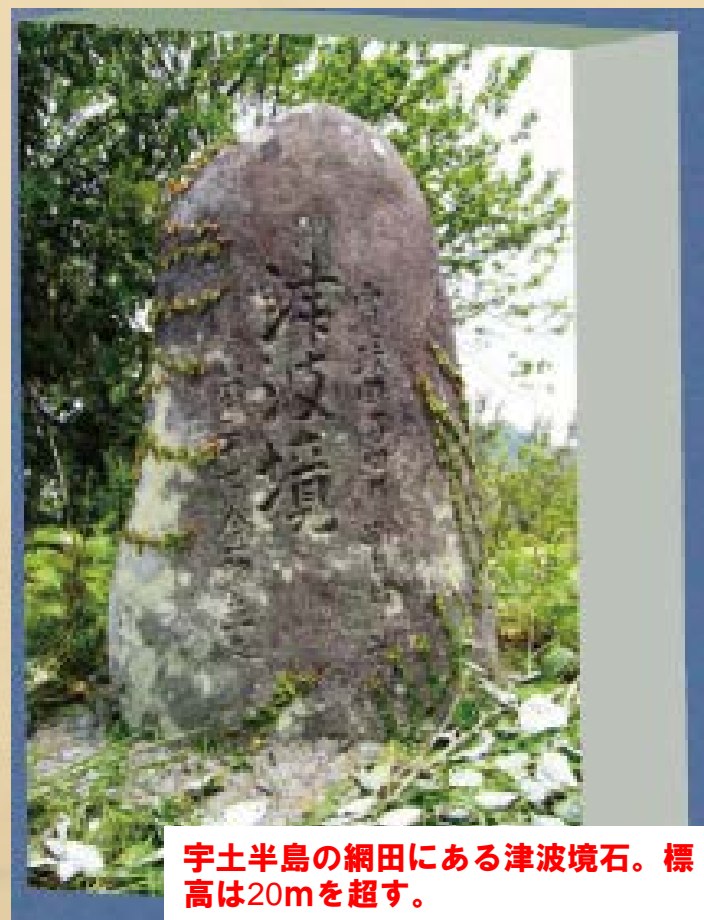
1792年に起きた雲仙火山の活動で発生した津波



眉山の崩壊によって、島原大変肥後迷惑が発生。日本の火山災害史上最悪のケースとなり、約15000名の死者を出す。



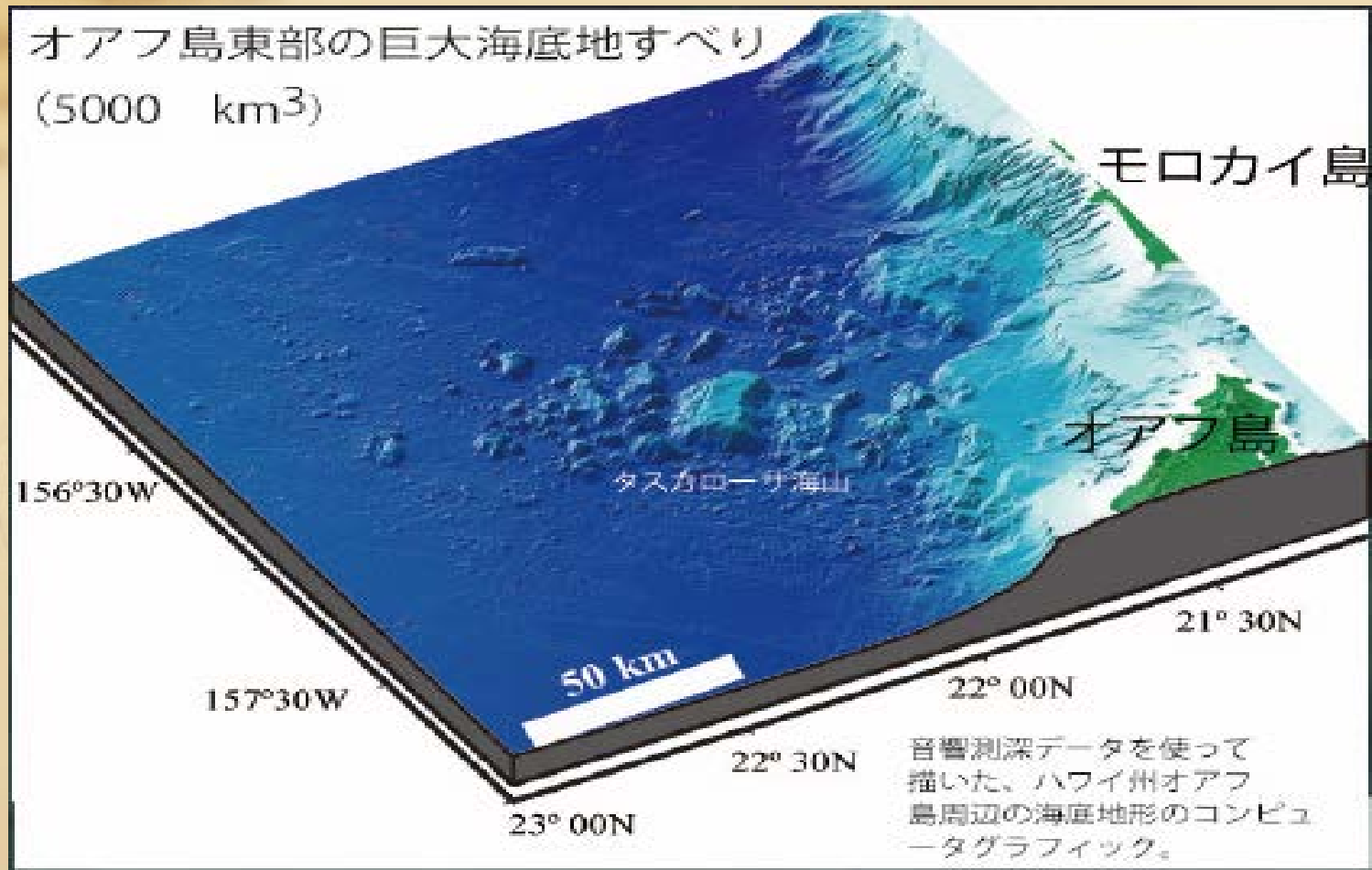
1792年の熊本における津波の痕跡



眉山の崩壊堆積物は、有明海に九十九島として存在している。眉山や七面山の東には1792年の山体崩壊以前にも、山体崩壊堆積物が数回識別されている。



オアフ島東部で発生した超巨大海底地すべり



南部カルフォルニアで津波高が70mに達したとか？



まとめ

- 教科書2.5章「波の発生と消滅」をよく読んでまとめておきましょう。なお、このビューアーには、潮汐に関する資料は載せていません。各自で読んでおいてください。

