

平成29年11月5日
「津波防災の日」「世界津波の日」
啓発イベント； 津波防災スペシャルゼミ



講義1： 津波のメカニズム

東北大学災害科学国際研究所

所長 津波工学分野教授

今村文彦



**WORLD
TSUNAMI
AWARENESS
DAY**
5 NOVEMBER
2017



TOHOKU
UNIVERSITY

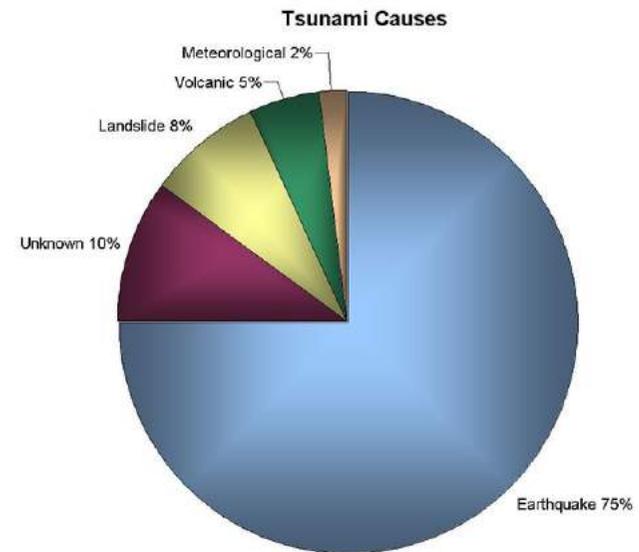
<http://irides.tohoku.ac.jp/>

 **IRIDeS**
International Research Institute
of Disaster Science

第一章 「津波」を知る こと。
津波から生き抜く方法を探るため
に、津波の基本的な仕組みを知
る！

津波の発生原因 Tsunami causes

- 津波の原因は様々です。
- 右図によりますと、75%が海域での地震、8%が地滑り、5%が火山、3%が気象に関連していると示されています。
- なお、10%が不明
- <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/hazards/tsunami/basics/gallery>



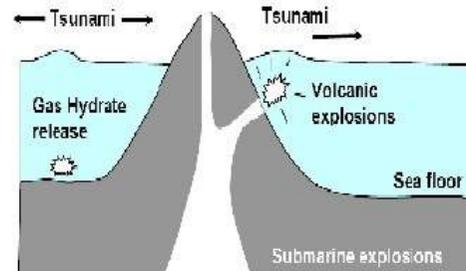
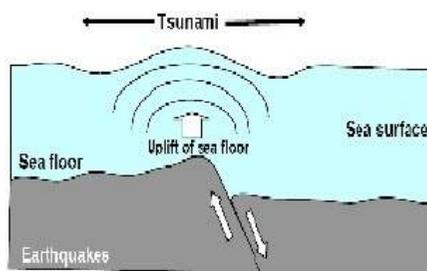
様々な原因による津波発生

Tsunami generation Sources

- <https://www.quora.com/Which-seismic-wave-causes-tsunami>

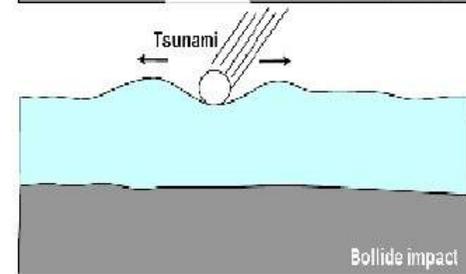
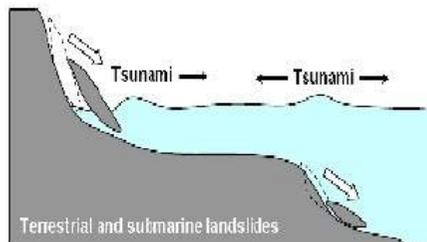
Tsunami Generation Sources

海底地震

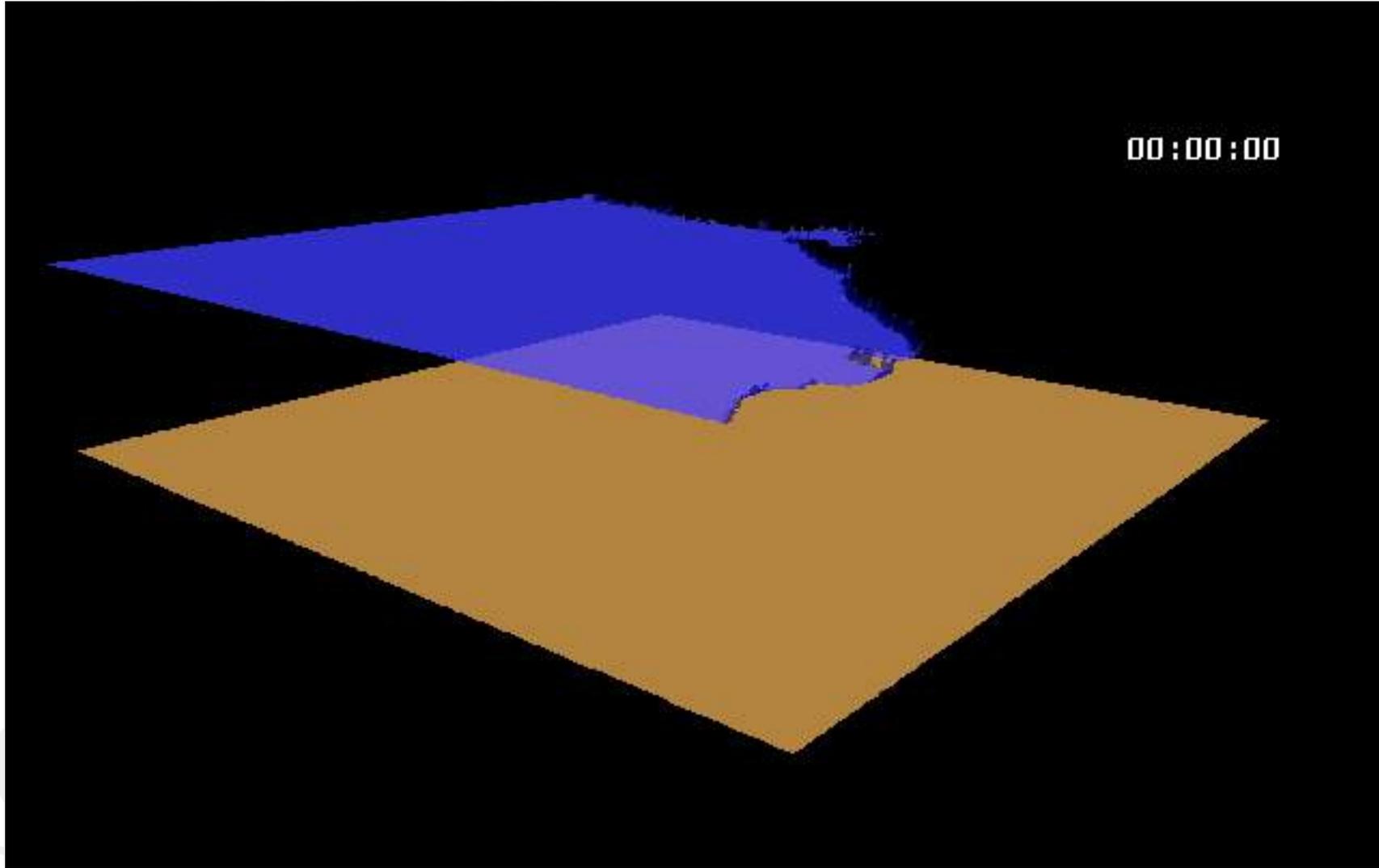


火山活動

沿岸地滑り



隕石落下



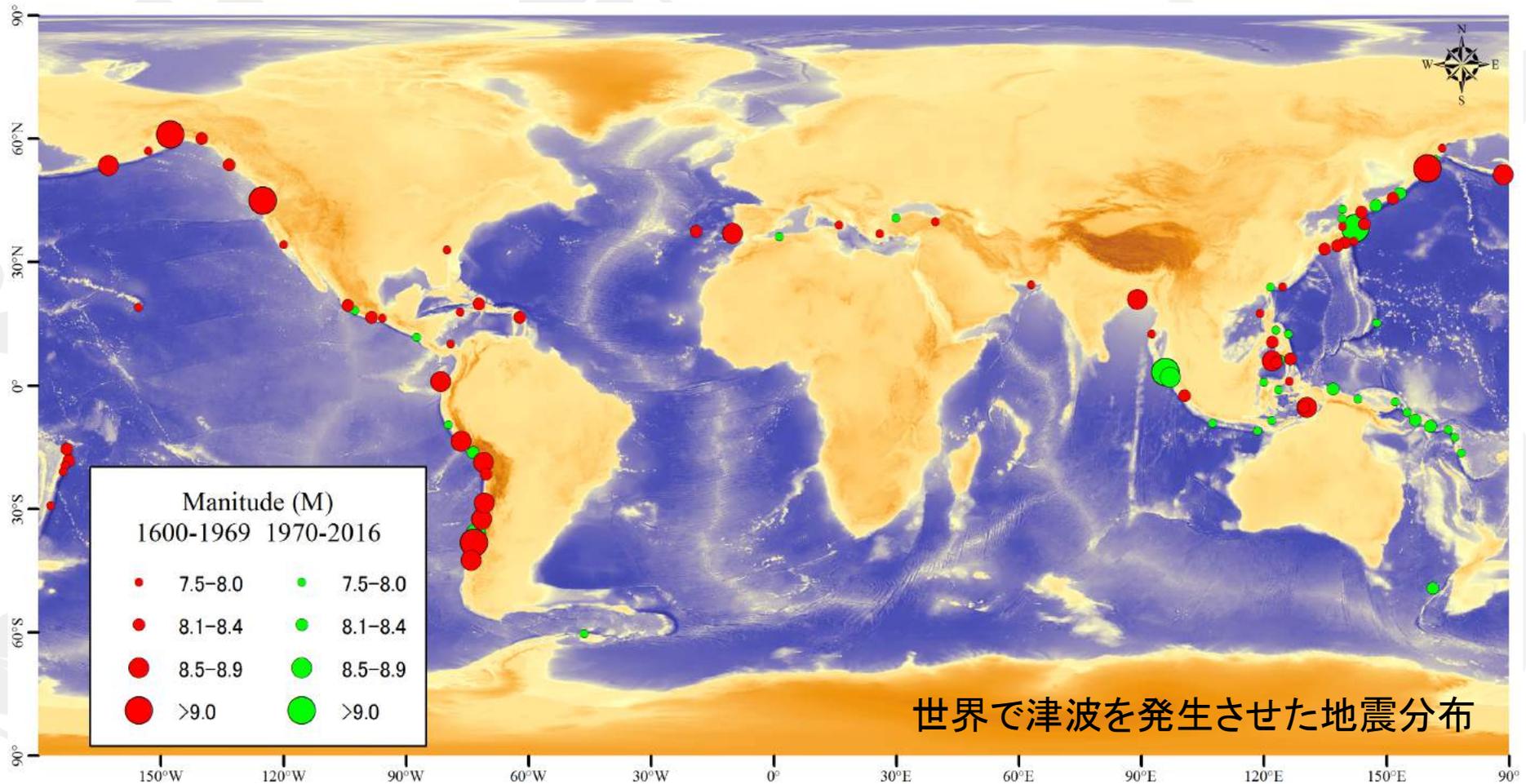
TOHOKU
UNIVERSITY

<http://irides.tohoku.ac.jp/>

 **IRIDeS**
International Research Institute
of Disaster Science

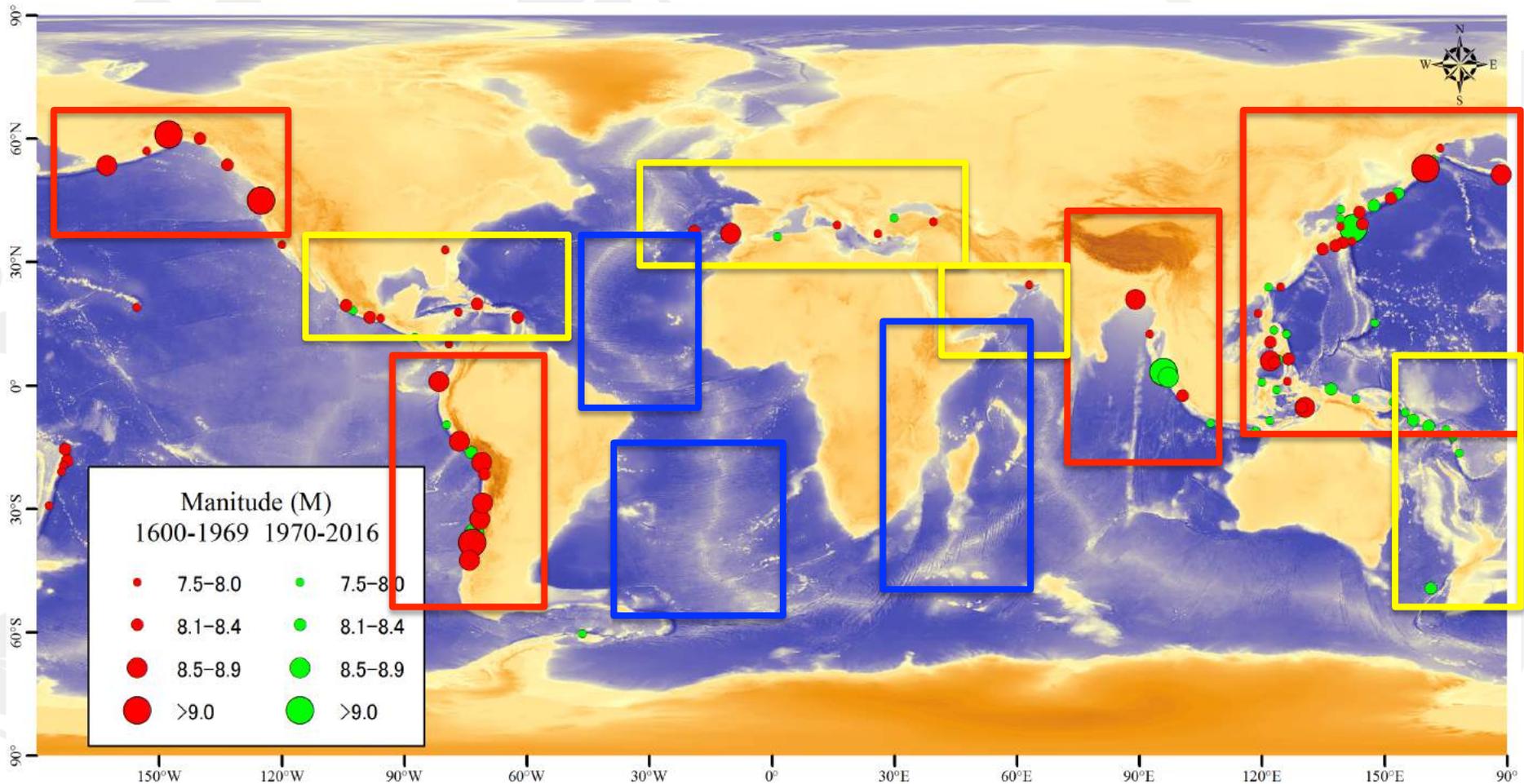
グローバル津波ハザード (400年間)

Earthquake events and their distributions (NOAA,2016)

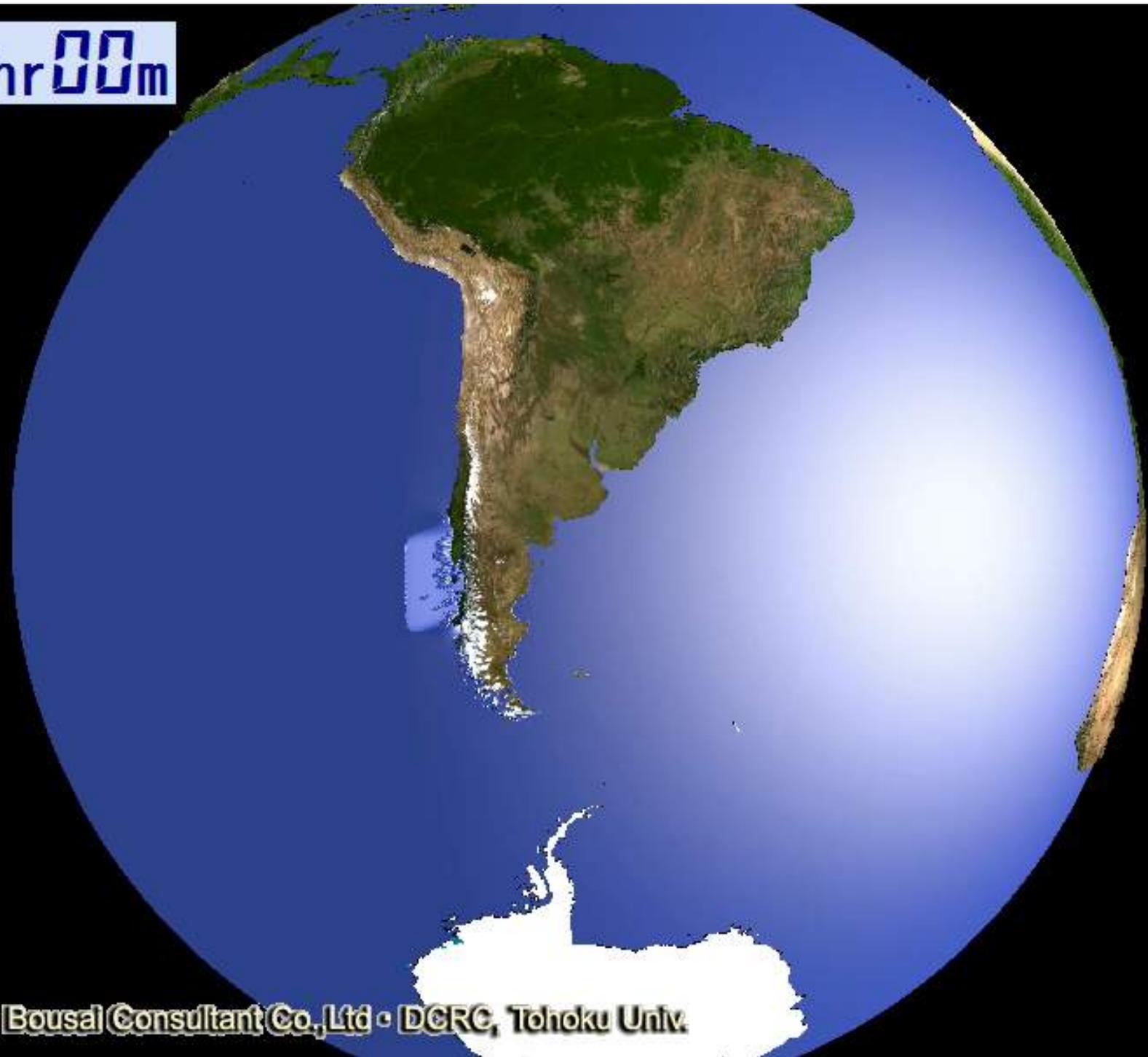


過去400年間での地震の地域別発生分布

Earthquake events(94) and its distributions



0hr00m

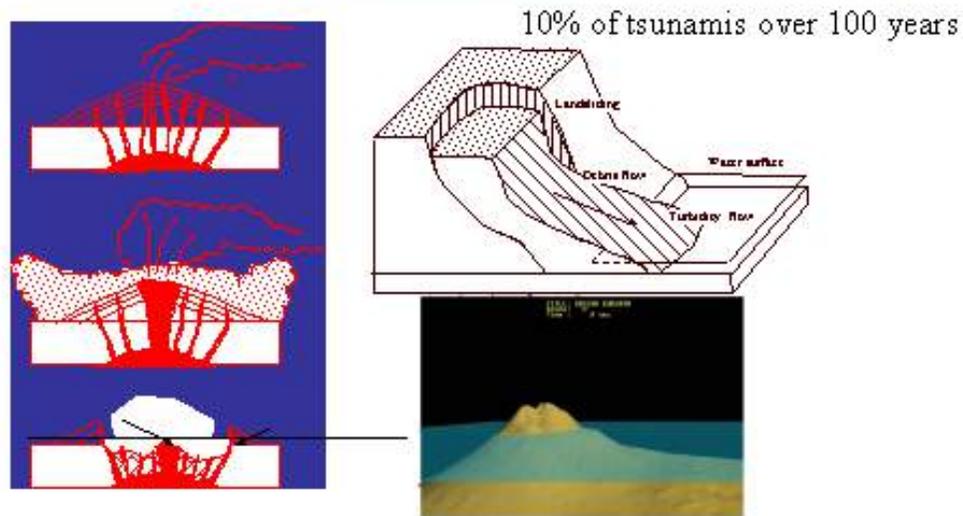


地滑り性津波

Landslide/volcano induced Tsunamis

- <http://www.soi.wide.ad.jp/class/20050040/slides/01/7.html>

Landslide/volcano induced Tsunamis

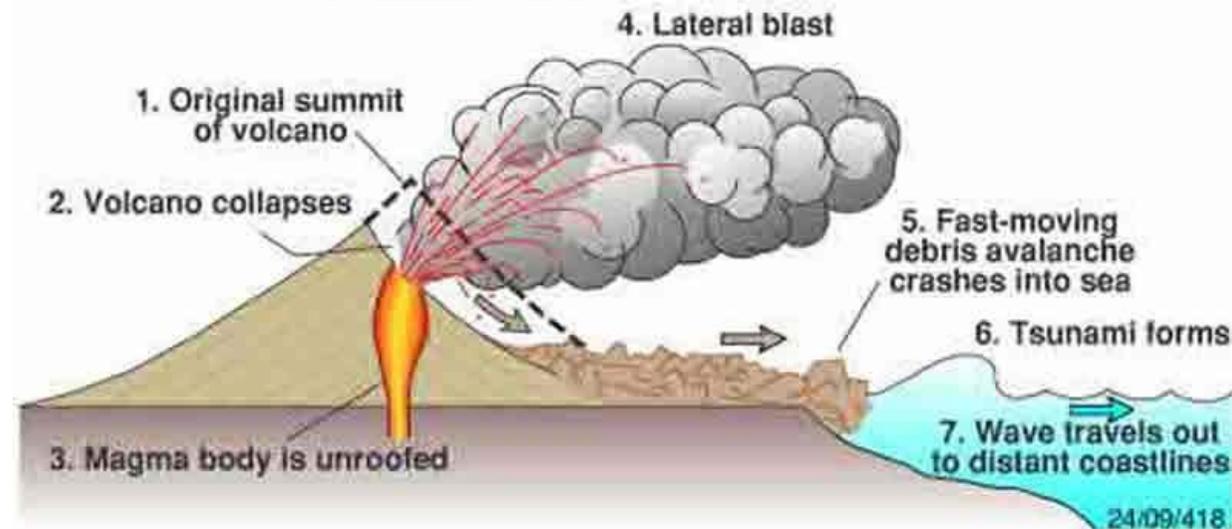


Caldera formation; surrounding water rushing into a cavity
F Imamura, DRCR

Landslide flowing into water

火山性津波 Volcanic tsunami

- <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/hazards/tsunami/basics/gallery>



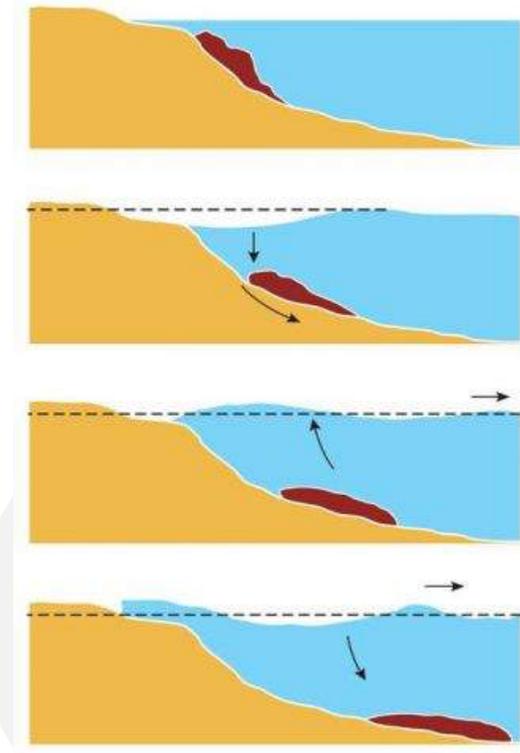
TITLE: OSHIMA OOSHIMA
Scene: 0
Time : 0 sec



海底地滑り性津波

submarine landslides tsunamis

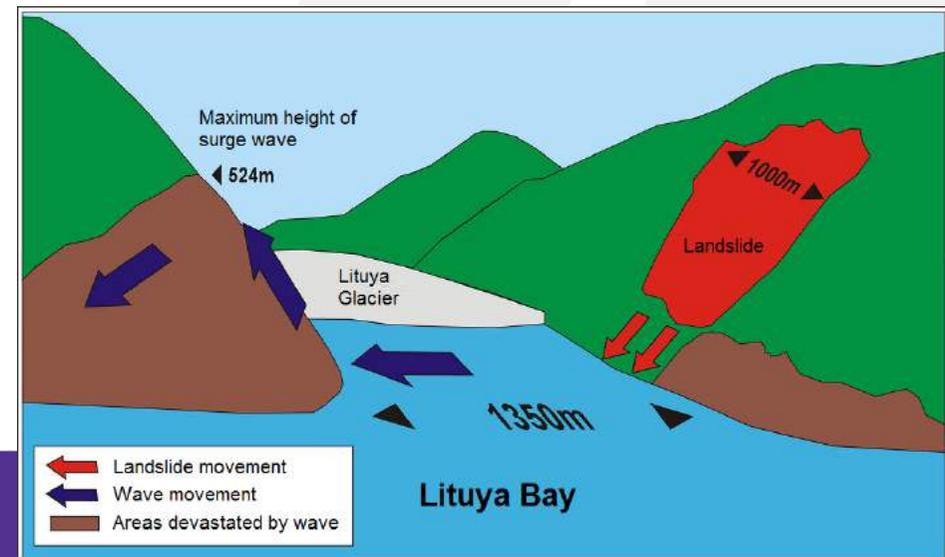
- http://roma2.rm.ingv.it/en/themes/33/tsunamis/31/tsunami_causes
- Tsunamis can be also generated by submarine landslides, often activated by earthquakes, but even terrestrial landslides can generate tsunami waves when the detached material enters into the sea. Tsunamis generated by landslides can be locally destructive but usually they are not able to travel long distances.



アラスカ・リツヤ湾での津波

Tsunami in 1958 at Lituya Bay

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Megatsunami>
- 世界で最大級の津波は、1883年Krakatoa火山、1958年 Lituya Bayでの岩塊崩壊、1963年Vajont Damでの地滑り、白亜紀末期でのKT-インパクト(隕石衝突)などがあります。
- Modern megatsunamis include the one associated with the 1883 eruption of Krakatoa (volcanic eruption), the 1958 Lituya Bay megatsunami (landslide into a bay), and the wave resulting from the Vajont Dam landslide (caused by human activity destabilizing sides of valley). Prehistoric examples include the Storegga Slide (landslide), and the Chicxulub, Chesapeake Bay and Eltanin meteor impacts.



津波の基本情報

津波はどうやって起こるの？

「津波のもと」は地震による海底の大きな動き

海の底で大きな地震が起こると、海底の地形が盛り上がり(隆起)、沈み込んだり(沈降)します。この海底の動きにあわせて海面も同じように変化し、大きな波となって四方八方に伝わっていきます。これが津波です。



「津波の前には必ず潮が引く」という言い伝えがあります。しかし、「必ず」ではありません。地震を発生させた海底の断層の傾きや方向、津波が発生した場所と海岸との位置関係によっては、潮が引くことなく最初に大きな波が海岸に押し寄せてくる場合もあります。

MEMO

津波の語源は？

津波の「津」は、「港や湾」という意味です。沖合を進む津波は波長が数km～数百km、高さが数m程度で、波としては認識しづらい状態です。しかし、沿岸に近づくにつれて波長は短く、波の高さは高くなり、特に港や湾の中では波としてはっきり認識できるようになります。津で初めて波として認識できる波動、それが津波の語源です。

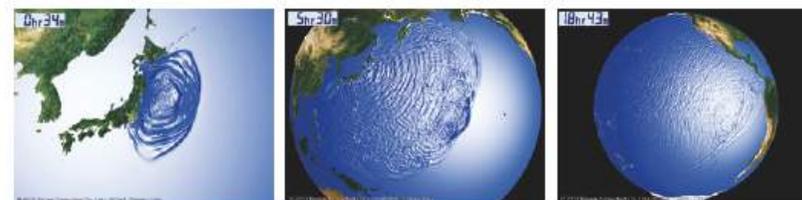
高波と津波の違いは何？



海域で吹いている風によって生じる高波(普通の波)は海面付近の現象です。一方津波は、地震などによる海底地形の変形にあわせ、周辺の広い範囲にある海水全体が短時間に上下動し、それによって発生した波が周囲に広がって行く現象であり、海底から海面までのすべての海水が巨大な水の塊となって沿岸に押し寄せてきます。このため、津波は勢いが衰えずに連続して押し寄せ、陸上を駆け上がることもあるのです。

津波は地球の裏側からもやってくる！

地震の震動の影響範囲は、大規模な地震でも数百km程度に限定されます。一方津波は、海水がある限り伝わるため、1万km以上離れた地域にも影響を与える場合があります。1960(昭和35)年5月に発生したチリ地震津波では、チリ沖から日本まで太平洋を1万5千kmあまり伝わり、避難の遅れた住民の命を数多く奪いました。東日本大震災で発生した津波も、太平洋を渡り、アメリカの西海岸やチリにまで届きました。



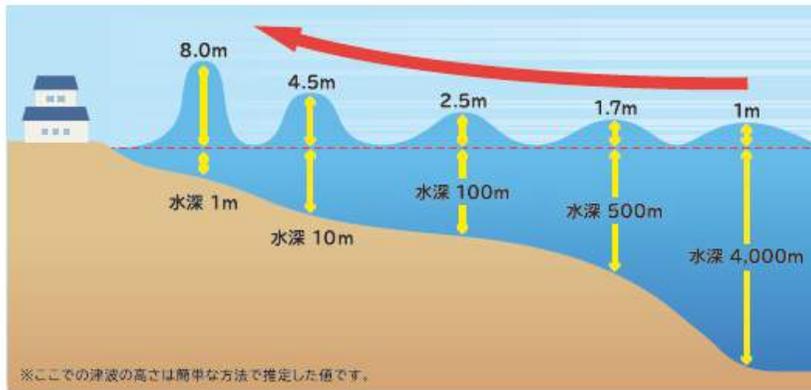
東日本大震災の津波の伝播のようす/日本～アメリカ・南米

津波の伝播特性

津波にはどんな性質があるの？

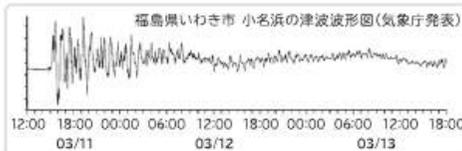
性質1 水深が浅くなるほど津波は高くなる

水深が浅くなるほど、津波の速度は遅くなり、波長も短くなります。一波長あたりのエネルギーは一定であるため、間隔が狭くなった分だけ上方向に波の高さは増加。つまり、**水深が浅くなるほど津波は高くなる**のです。ちなみに、水深4000mの沖合で高さ1mだった津波は、水深1mの場所ではその高さが8mにも達するといえます。



性質2 津波は繰り返し襲ってくる

右図は、東日本大震災時の波形です。1日以上津波が続いて襲ってきていることが分かります。津波は地震が発生した場所から四方八方に広がります。深い海を進んできた津波はスピードが速く、最も早く海岸に到着しますが、浅い海を経由してきた津波はスピードが遅いため遅れて海岸に到着します。また、海底にある山脈(海嶺)や遠くの海岸にぶつかり、反射してからやってくる津波もあるため、津波は1波だけとは限りません。



性質3 地形によって津波が高くなる場所がある

津波は海底や海岸などの地形によって高さがとても高くなります。

■ 湾の奥

海が陸地に大きく入り込んでいる湾では、その両岸で津波が跳ね返されます。跳ね返された津波は、岸に沿いながら湾の奥に進んでいくため、湾の奥に津波のエネルギーが集中し、津波が高くなります。



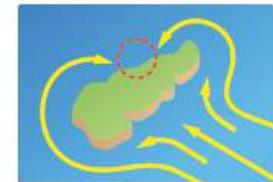
■ 岬の先端

岬のような地形の場合、周辺の海底の地形により、津波の進む方向が岬の先端に集まるように変化します。そのため、津波のエネルギーが岬の先端周辺に集まり、津波が高くなります。



■ 岬や島などの裏側

津波は、岬や島などの障害物の後ろ側にも簡単に回り込むことができます。岬や島の後ろ側では、片側から回り込んだ津波ともう片方の側から回り込んだ津波がぶつかり、大きな津波に襲われることがあります。



性質4 津波は河川を遡上する

東日本大震災では、津波が北上川や阿武隈川、名取川などを遡上、北上川では、河口から約50km上流まで津波が達しました。小さな河川や水路を遡上する津波は、陸上の津波よりもスピードが速く、遠くにまで伝播します。漂流物が河川や水路の流れをふさいでしまい、洪水を引き起こすこともあります。

川には絶対近づいちゃダメ!



0hr00m



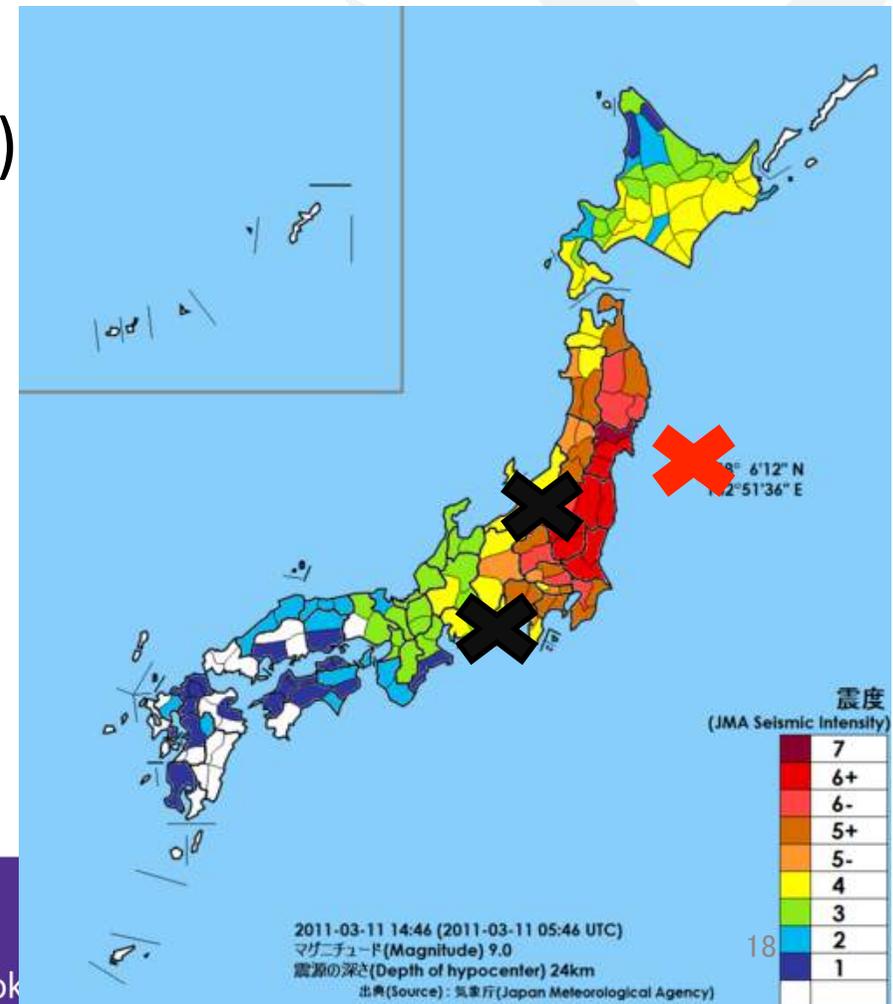
第二章 「過去の津波」を知ること。

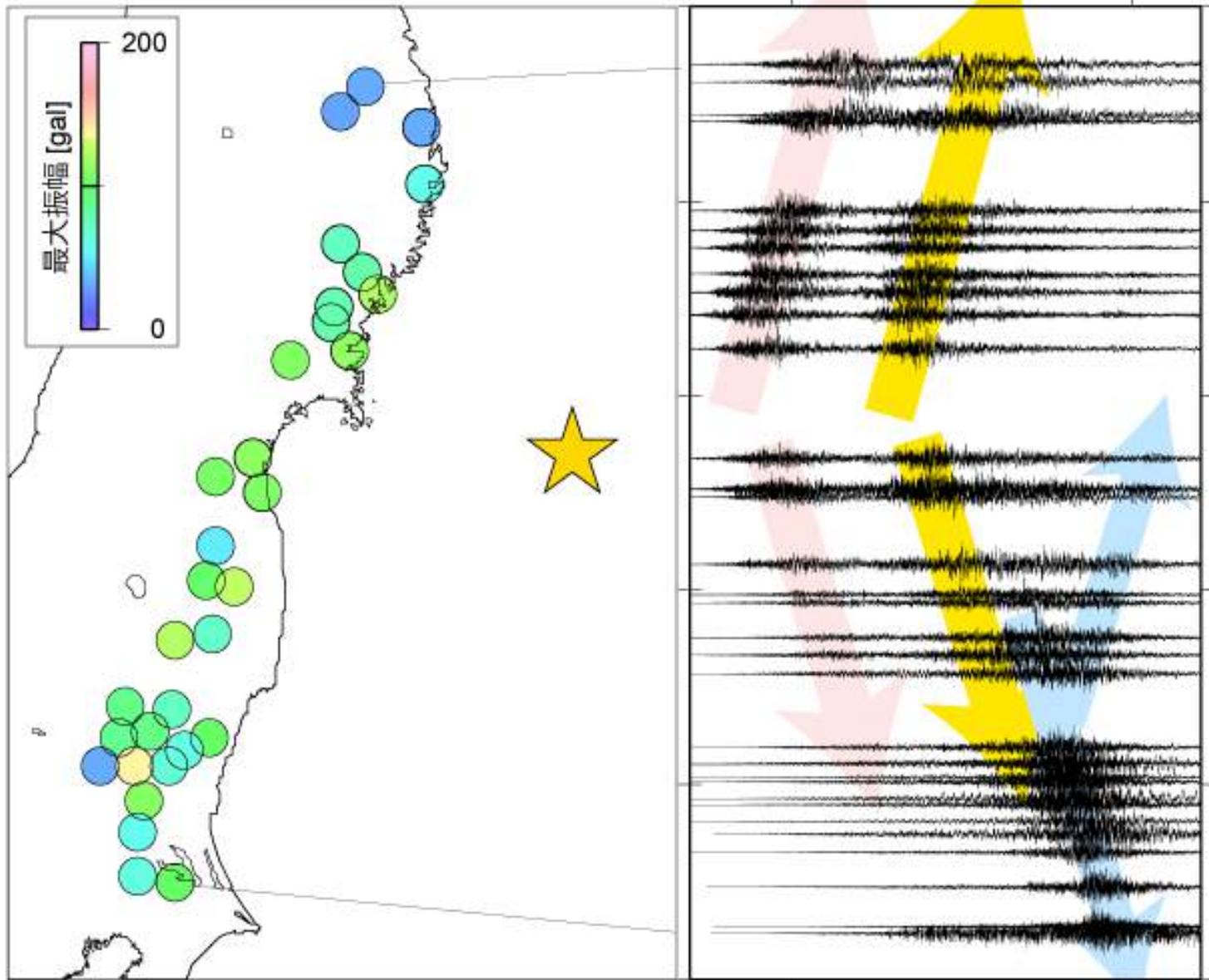
東日本大震災でどのような被害がでたのか、過去の被害の教訓は何なのか？

複合災害 Triple Tragedy and Damages

- **Triple Disasters: ONE – 地震 The Earthquake**

- 発生:2011年3月11日 March 11, 2011, 2:46pm
- 地震規模Scale: Mw 9.0
(1900年以降世界で4番目)
- In 5 days: 余震 2
Mw 5+ 地震
(黒印 X)
- 1か月で400回以上
- In a month: 400 +
aftershocks continues





- Triple Disasters: **TWO – 津波 Tsunamis**

- 津波警報・避難指示の発令

Tsunami evacuation order and warning, immediately after Time reaching the coast:

less than 20-30 min **到達時間**

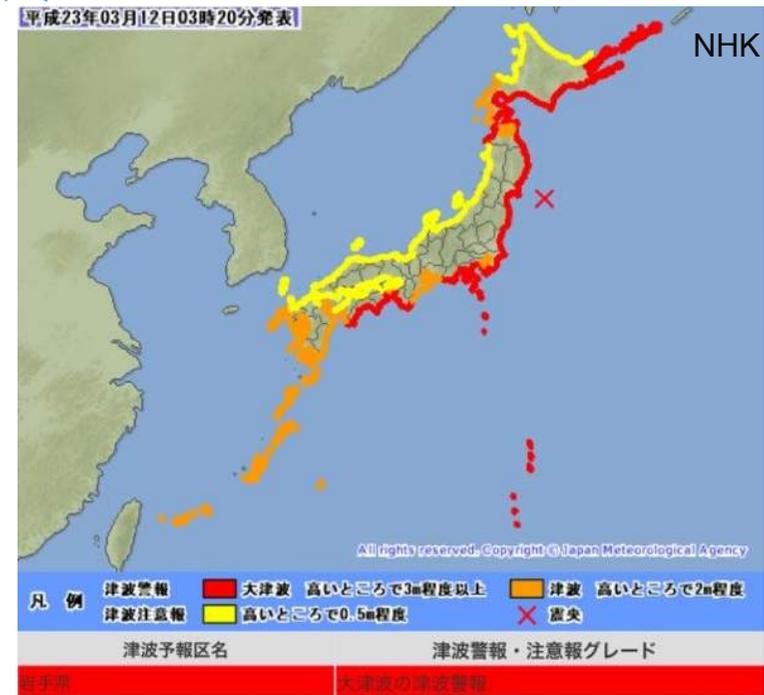
20-30分後

- 6時間で7回の津波来襲

- 2日間の継続時間



Reuters/Mainichi Shimbun

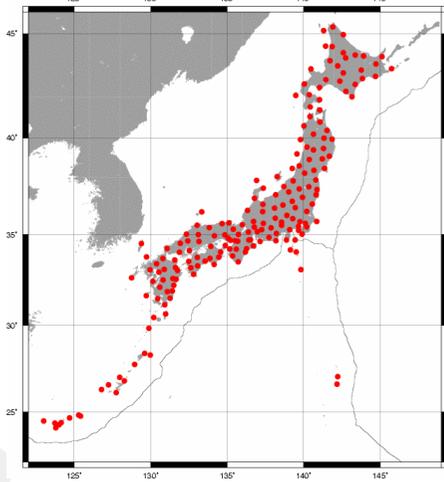


- According to the information:

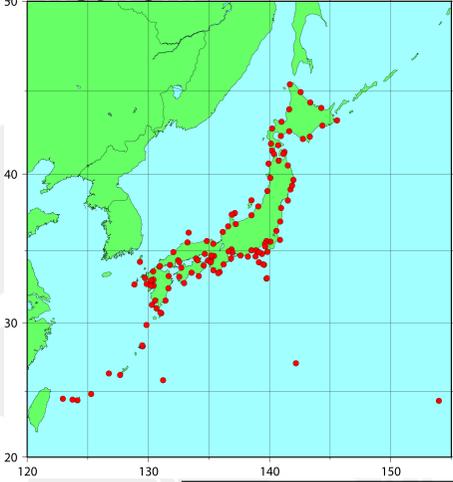
- 記録値 Highest wave recorded: 9.3m
- 津内遡上高さ Highest run up-height : 35 m
- 内陸への遡上距離 Farthest inland reached: 8km

我が国の津波警報システム(量的予報), 気象庁資料

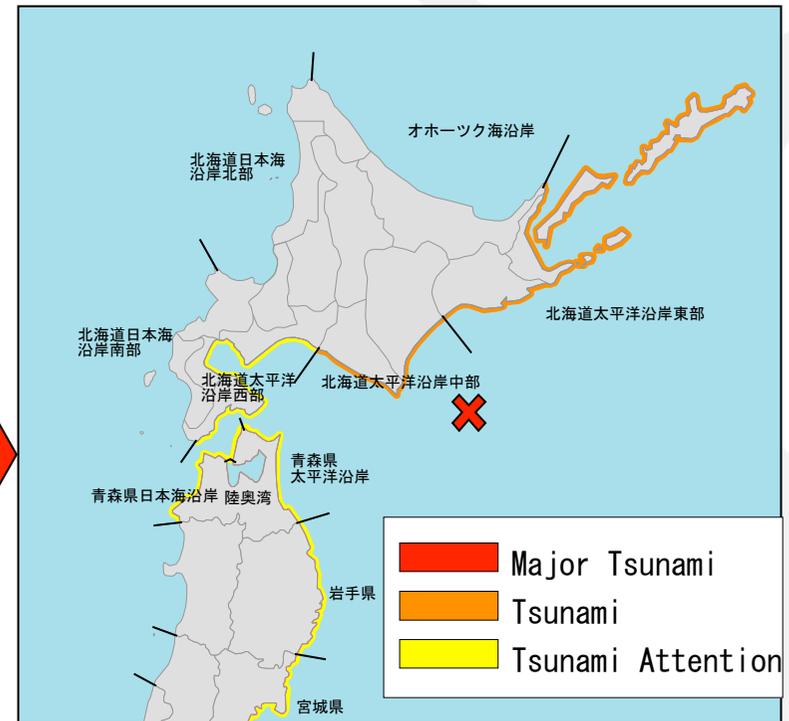
JMA Seismic Network



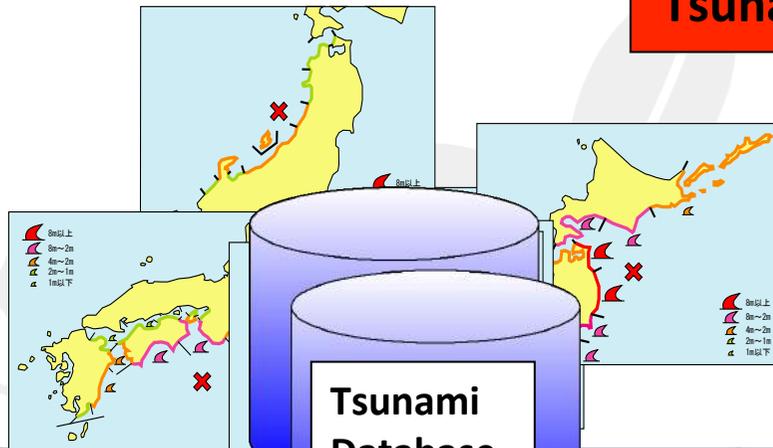
Tidal Network



Tsunami Warning



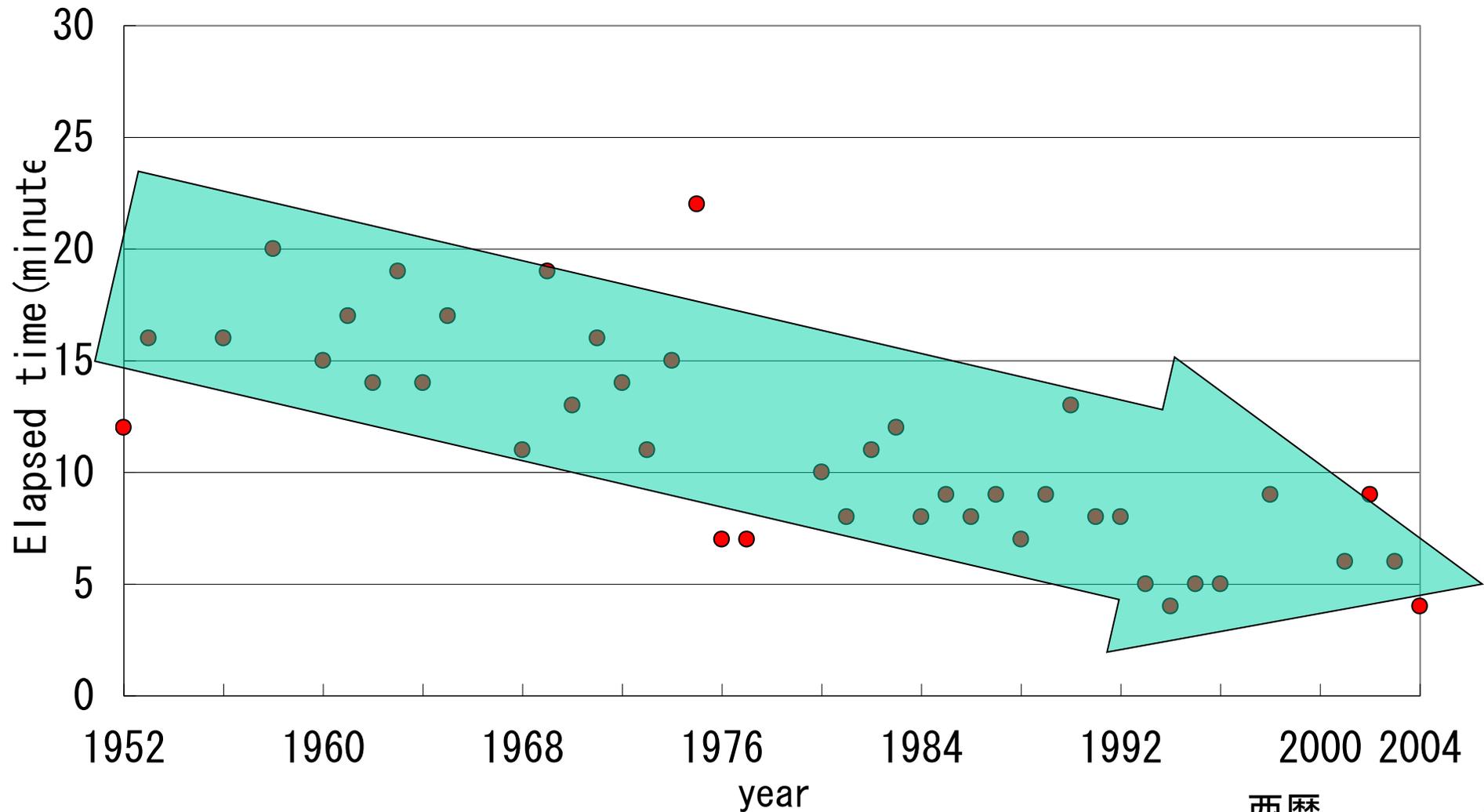
Evaluation of Tsunami



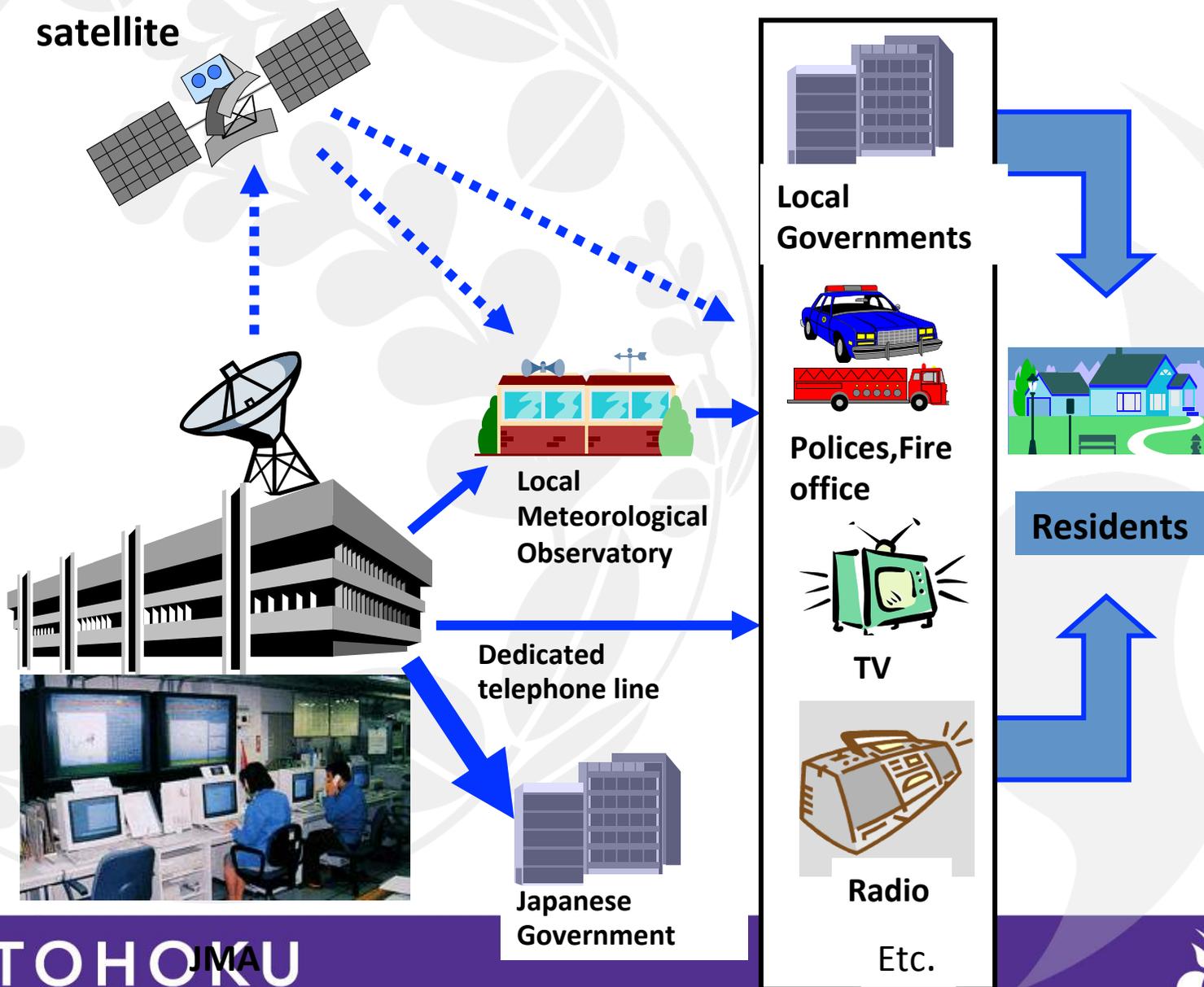
・量的予報(到達時間, 津波高さ), 全国を66区域に
1999年に開始

津波警報にかかった時間(気象庁)

所要時間(分)

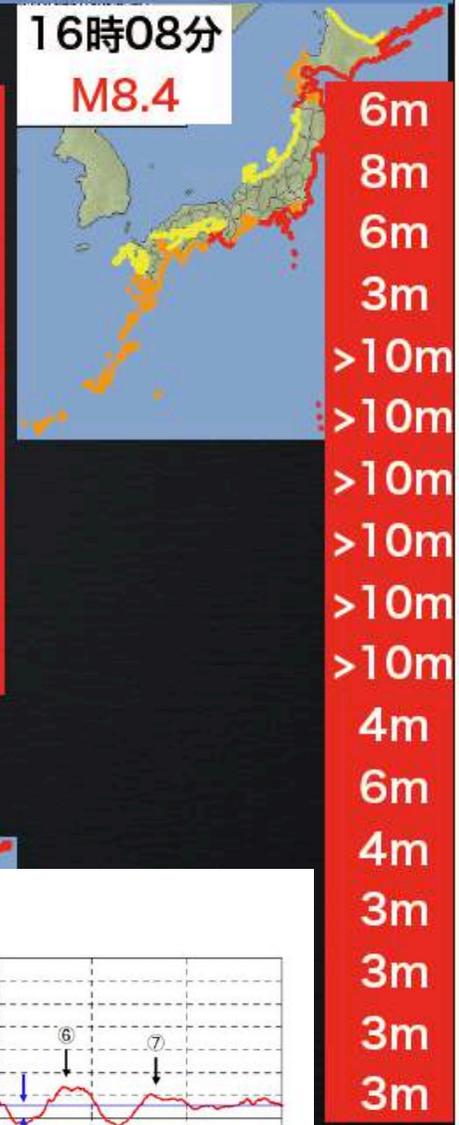
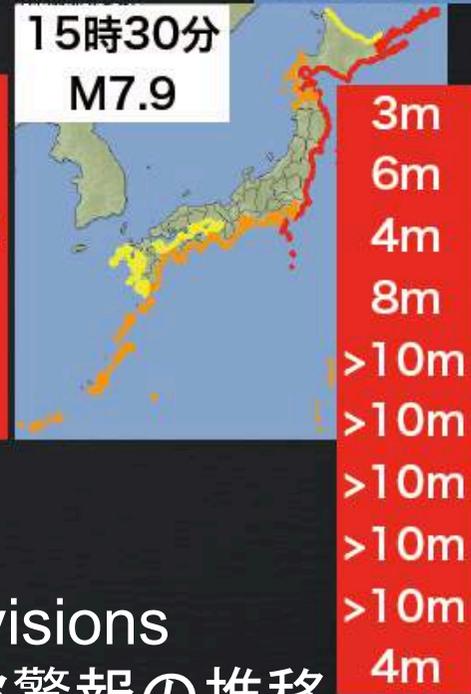
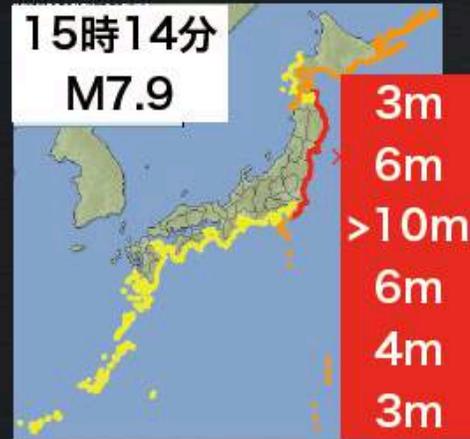


津波警報の伝達(気象庁)

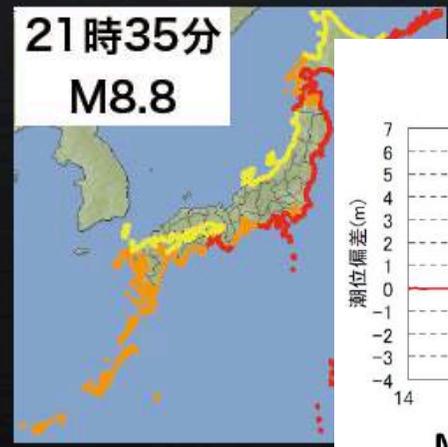


地震発生：3月11日14時46分頃, M9.0

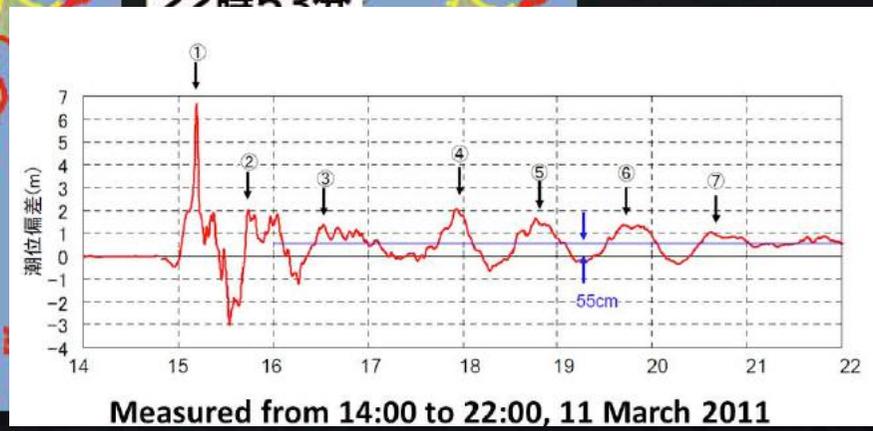
津波警報 大津波 高いところで3m程度以上 津波 高いところで2m程度
津波注意報 高いところで0.5m程度 震央

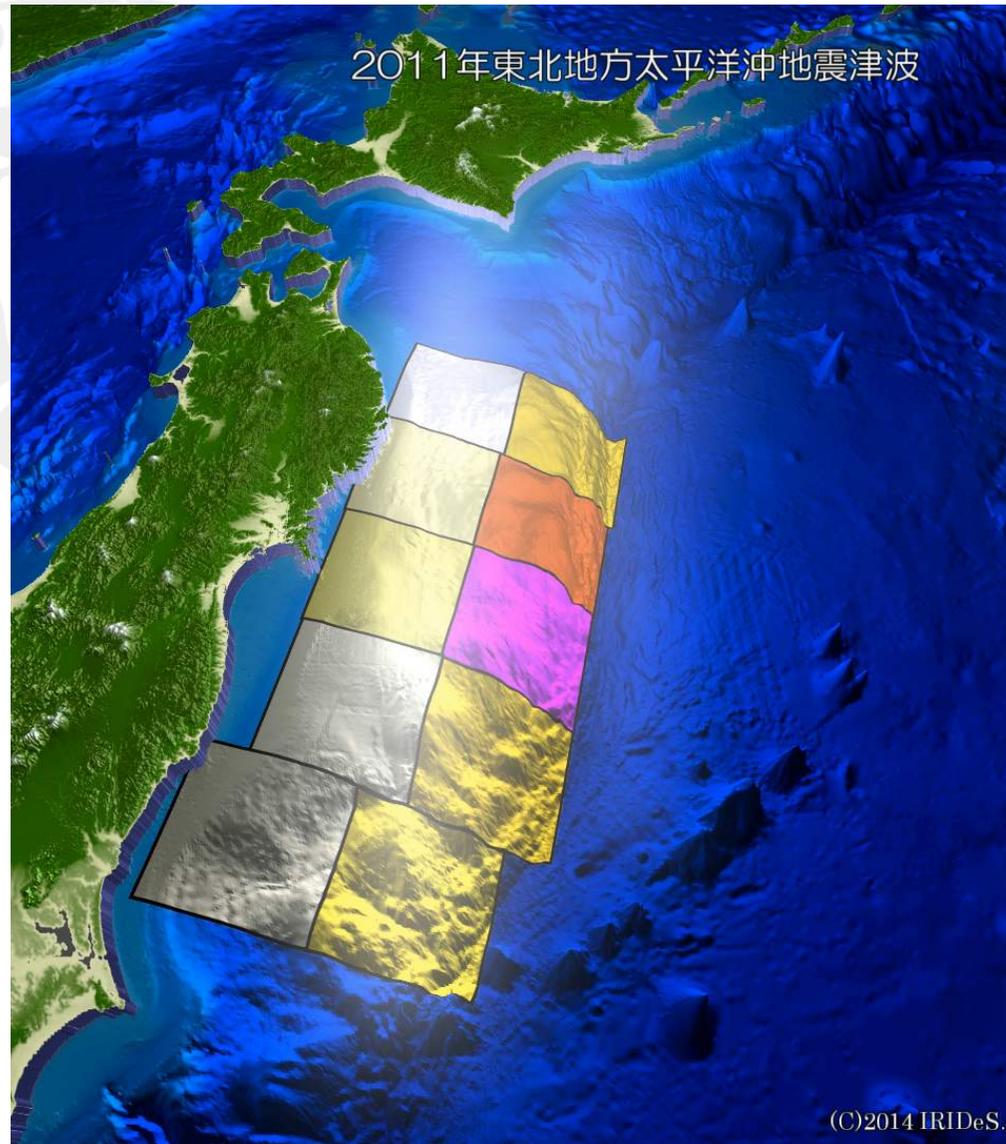


JMA Tsunami warning and revisions
3.11における気象庁からの津波警報の推移



22時53分





東日本大震災における地震津波断層モデル(東北大モデル)の共同開発(2011)

岩手、宮城、福島。3県の津波

東日本大震災では、マグニチュード9.0、最大震度7という巨大地震を経験しました。そしてその後沿岸部に押し寄せた津波によって、甚大な被害が発生しました。

岩手県 宮古市田老



宮城県 南三陸町志津川



福島県 相馬市松川浦



被害は？

津波の威力がよくわかる。



岩手県

人的被害(人)		住家被害(棟)	
死者	5,132	全壊	19,597
行方不明	1,124	半壊	6,571
負傷者	211	一部破壊	18,959

宮城県

人的被害(人)		住家被害(棟)	
死者	10,549	全壊	82,999
行方不明	1,239	半壊	155,129
負傷者	4,145	一部破壊	224,195

福島県

人的被害(人)		住家被害(棟)	
死者	3,626	全壊	15,169
行方不明	225	半壊	78,960
負傷者	183	一部破壊	141,454

10トントラック
1000台分で1万トン。
ということは…



■ がれき(災害廃棄物)の量

[単位:万トン]



■ 被害を受けた漁船の数

[単位:隻]



※ 2016年3月1日現在(消防庁災害対策本部2016年3月8日発表)

陸上での津波の高さ、速さは？

海岸に到達した津波は陸上をどんな高さ、速さで遡上していったのでしょうか。ここでは、宮城県岩沼市での津波の様子を時間経過とともに紹介。陸上を遡上する津波は、海岸林や住宅地、工場などの構造物の影響で内陸に進むほど勢いが衰えるものの、そうした構造物が少ない地域では、遡上の速度が落ちにくいことがわかります。

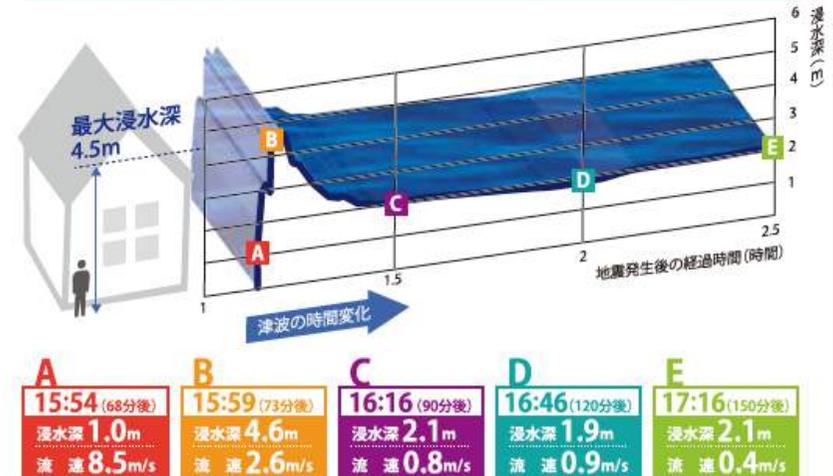
宮城県岩沼市の津波遡上過程

凡例：
津波到達時刻/地震発生からの経過時間/海岸からの距離



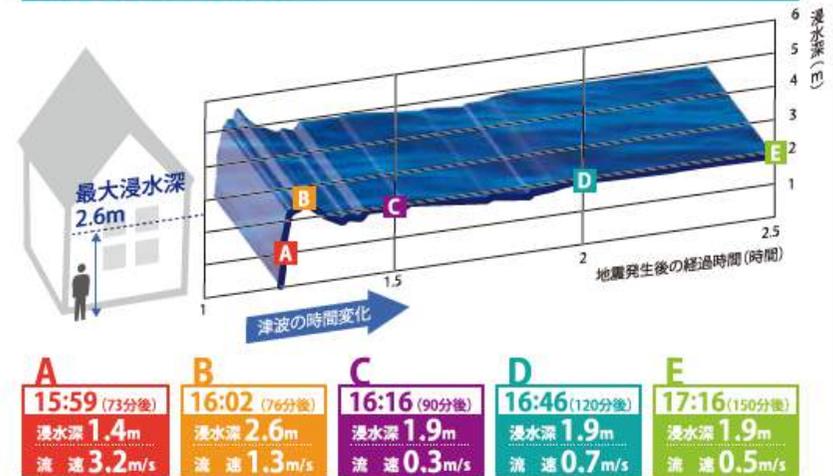
1 下増田地区

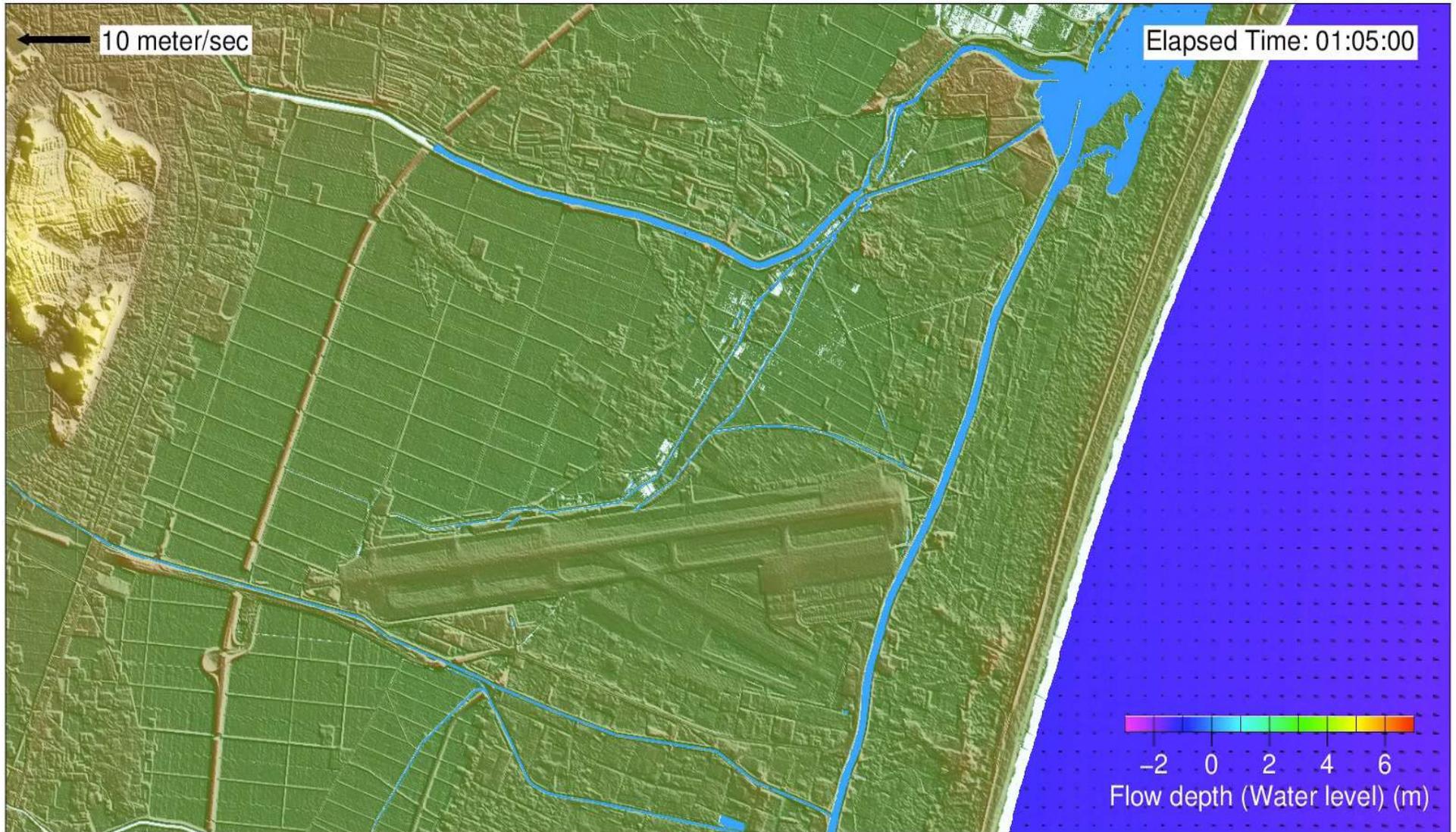
※平屋の高さ約5.0m、人の身長約1.7mで比較



2 岩沼臨空工業団地

※平屋の高さ約5.0m、人の身長約1.7mで比較





第三章 津波からの避難方法を考えること。

もし津波が襲ってきたらどうするかを想像し、書き出し、実際に歩いてみる

津波から自分を守るキホンとは？

キホンのキホン「津波てんでんこ」!

東日本大震災以前にも何度も津波に襲われてきた三陸沿岸の地域には、「津波てんでんこ」「命てんでんこ」という教えが伝わってきました。「てんでんこ」とは「各自」「めいめい」という意味。つまり、「津波から生き抜くため、自分の命は自分で守れ!」「大きな地震が発生したら、一刻も早くめいめいで高台へ逃げろ!」という教えです。この教えの背景には、過去の地震や津波の際に、家族や知人を助けに行ったことで避難が遅れてしまい、結果として多くの被害が出たという経験があるのです。

てんでんこ：4つの意味

- ① 自分の命は自分で守る「自助」
- ② まわりの人に避難を促す「他者への働きかけ」
- ③ てんでんこに避難することへの信頼「相互信頼」
- ④ 逃げてよかったんだよ、というメッセージ「自責の念の軽減」

参考資料：京都大学防災研究所 巨大災害研究センター 矢守克也教授の論文



津波から生き抜くための避難行動のキホン

- ① 地震の揺れを感じたらただちに避難行動を起こそう!
- ② 速やかに高いところへ逃げよう!
- ③ 揺れが小さくとも、津波が発生する危険が。津波情報を入手しよう!
- ④ 津波警報や注意報、避難指示や避難勧告が解除されるまで、絶対に海岸や河川に近づかない!
- ⑤ 万が一津波に流されてしまったら、まわりにある漂流物につかまろう!可能なら乗ろう!

あらかじめ津波避難ビルや避難場所を調べておこう!

避難行動を始めるときに大切なのは、どこに逃げるかの選択です。素早く判断し行動を起こすには、自分の町の津波避難ビルや避難場所をあらかじめ調べておくこと。最近では、高いビルを「津波避難ビル」に指定するケースも増えています。まわりに高い場所がないときは、「津波避難ビル」も選択肢の一つです。



MEMO

避難所と避難場所は違います!

「避難場所」は、危険から緊急的・一時的に「いのちを守る」退避行動を行う場所のことです。地震・火災は公園などのモノが落ちてこない広い場所、津波・洪水の場合は高台や丈夫な建物の上階などの高い場所が基本です。「避難所」は、命が守られた後に、仮の生活を行う建物等です。「避難所」として、学校が指定されることがありますが、低い階の場合には、津波からの「避難場所」としては適しません。津波がきたときに、「自分の足で逃げて間に合う」そして「なるべく高い場所」を、津波からの「避難場所」として事前に決めておくことが大切です。

2つの提案

- 津波避難スクリプトの作成（時系列）
- 認知マップの作成と修正（心理学的空間認知）

津波避難スクリプトをつくって

津波避難スクリプトとは？

これまでの津波についての学びや経験をもとに、「もし津波が襲ってきたら自分はどう行動するか」を想像し、避難場所に到着するまでの具体的な行動を時間軸に沿って順番立てて書き出すのが「津波避難スクリプト」です。そこで考えたスクリプト（手順）を避難訓練などの実際の体験と比較することで、より確かな避難行動を想定することが可能になります。

【設定】

あなたはいま海岸に近い家の中にいます。

そこで午後7時頃、大きな地震を感じました。

家の中でのあなたの思考や行動、避難開始から避難場所に到着するまでのあなたの思考や行動を順番立てて書いてみましょう。



みよう！

記入の
ポイント

- ① 午後7時、地震発生！家の中でまず何をする？
- ② 避難準備には何が必要か考えてみよう！
- ③ さあ避難開始。避難場所到着までの自分を想像してみよう！

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.

津波避難認知マップをつくってみよう!

津波避難認知マップとは？

私たち人間は、個人としての**それまでの経験や体験、知識によってできた主観的な地図**にしたがって行動していると言われています(ただし100%ではありません)。これが「認知マップ」です。認知マップには主観的な要素が多く含まれるため、実際の地図とは大きく異なる部分も…。ここでは、自分が想定した避難場所までの道筋を頭の中で想像し、手書きの地図をつく

例



てみましょう。途中で目印になる建物、危険と思われる場所、想定される移動時間も大体でいいので記入してみましょう。



マップ記入欄

「スクリプト」と「マップ」を手に、

認知マップには主観的な要素が多く含まれるため、実際の地図とは大きく異なる部分もあることでしょう。移動にかかった時間も測ってみて、頭の中で想像した地図と実際との違いをさきほど作成したマップに記入してください。

もしかしたら、避難場所自体を選び直す必要が出てくるかもしれません。もっとよい避難経路、もっとよい避難方法が見つかるかもしれません。こうした「想定」と「実際」との比較を繰り返して、津波から生き抜くための避難のカタチをよりよいものにしていきましょう。



実際に歩いてみよう。



おわりに

- 津波の理解する(発生, 伝播, 被害・影響)
- 過去の津波災害を知る(東日本大震災での様々な被害)
- 津波から適切に避難する(スクリプト, 認知マップ)