



「全民科學家，動手玩地震」

台灣師大地球科學系

陳卉瑄 副教授

從天然災害談起...

過去十年內，
全世界有多少人死於天然災害事件？



地震

火山

山崩土石流

洪災

颱風

旱災

死亡人數: 2000
影響 2000萬人受災

2011 late July 巴基斯坦 洪災



Source:

http://www.worldvision.com.au/issues/emergencies/pastemergencies/Pakistan_Floods.aspx



地震

火山

山崩土石流

洪災

颱風

旱災

死亡人數: 100,000
Threatened 9.5 million people

2011 July -2012 June 東非



Source: <http://www.aljazeera.com/indepth/features/2011/06/2011620123049438790.html>

地震

火山

山崩土石流

洪災

颱風

旱災

死亡人數: ~12,000

2008 M7.9 汶川地震(中國) 觸發了6000次以上災害性的山崩，而崩塌區域高達35,000 km²，致死人數占地震死亡人數的三分之一

Figure 1 | The Daguangbao landslide. This was the largest landslide that occurred at the time of the 2008 Wenchuan earthquake, with a volume of 1.167 billion m³.

地震

火山

山崩土石流

洪災

颱風

旱災

死亡人數: 138,300

2008/5/2特強氣旋風暴納吉斯,
緬甸



地震

火山

山崩土石流

洪災

颱風

旱災

死亡人數: 222,570

地震工程的災難!

2010/1/12 M7 海地



地震

火山

山崩土石流

洪災

颱風

旱災

死亡人數: 290,000

海嘯

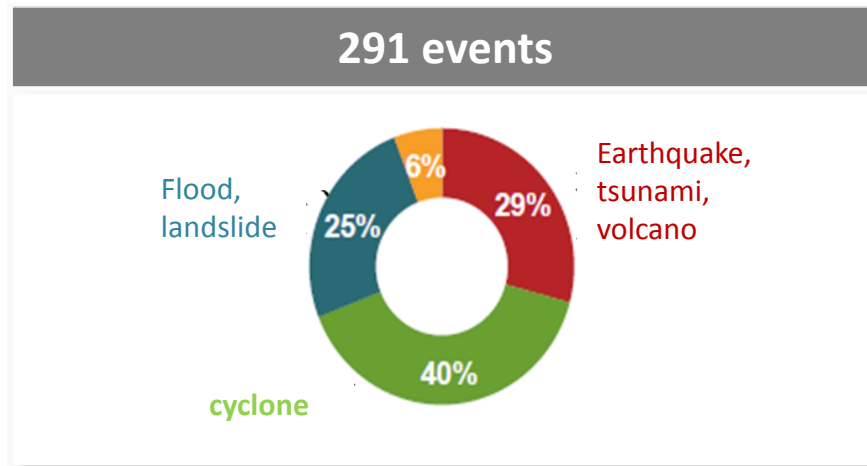
2004 M9.3 蘇門答臘，印尼



Source: <http://tanny757.blogspot.tw>

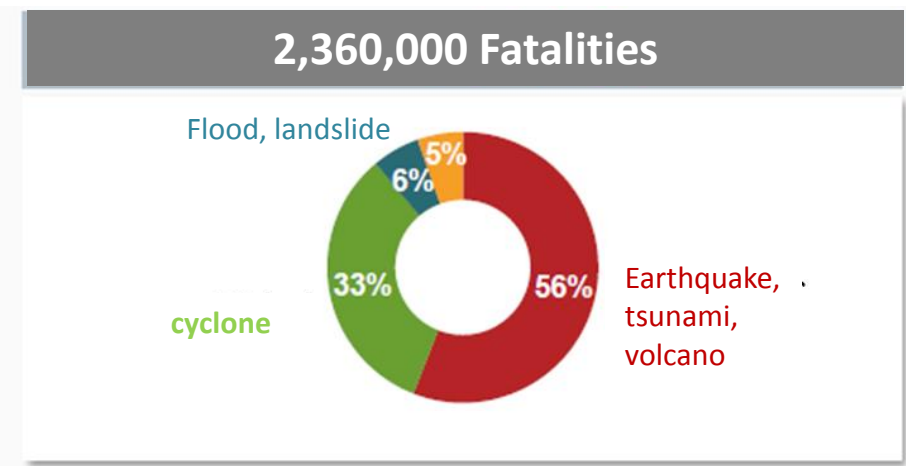
地震、海嘯、火山雖然比較不頻繁， 卻是致死機率最高的！

1950-2010



■ Geophysical events
(Earthquake, tsunami,
volcanic eruption)

■ Meteorological events
(Storm)



■ Hydrological events
(Flood, mass
movement)

■ Climatological events
(Extreme temperature,
drought, forest fire)

Unlike flood, drought, and cyclone, earthquake takes only several to tens
seconds to react and respond

very difficult to foresee, and will continue to surprise us ...



複合式災害最常發生的國家

<i>Country</i>	<i>Percent of Total Area Exposed</i>	<i>Percent of Population Exposed</i>	<i>Max. Number of Hazards</i>
Taiwan	73.1	73.1	4
Costa Rica	36.8	41.1	4
Vanuatu	28.8	20.5	3
Philippines	22.3	36.4	5
Guatemala	21.3	40.8	5
Ecuador	13.9	23.9	5
Chile	12.9	54.0	4
Japan	10.5	15.3	4



目標

- 緣由：
做基礎地震科學研究的，能在學校、社會有所貢獻。
- 目標：
 1. 培養地震科學的正確知識 防災概念導入 我知道這是甚麼
 2. 推廣志工地震學 激發科學問題 我也可以做科學

知識端的重要

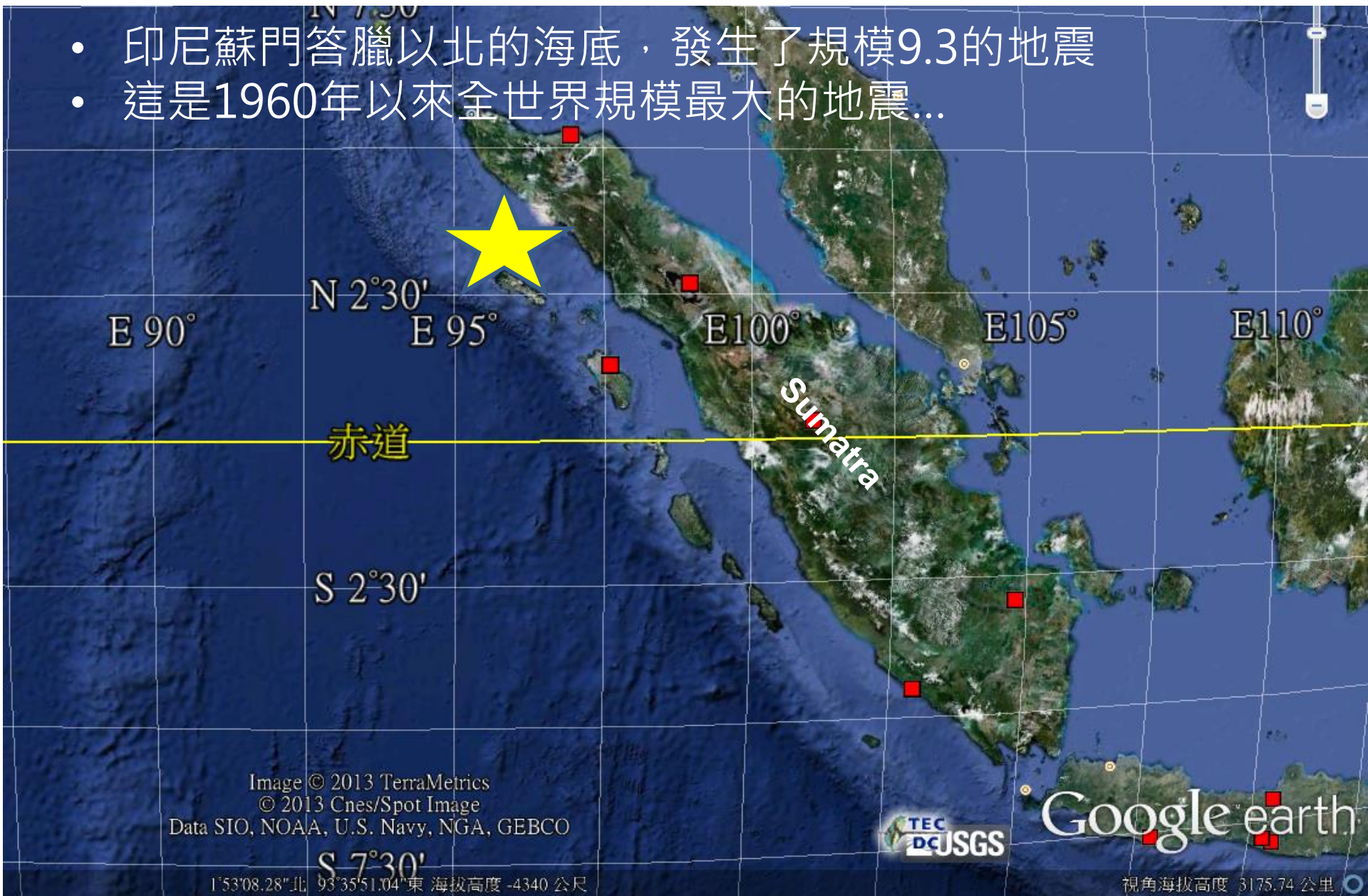
培養地震科學的正確知識

為什麼會發生？

從歷史地震的教訓，我們學到了甚麼？

- 2004年12月26日UTC時間0時58分55秒
(曼谷當地時間為上午7時58分55秒)

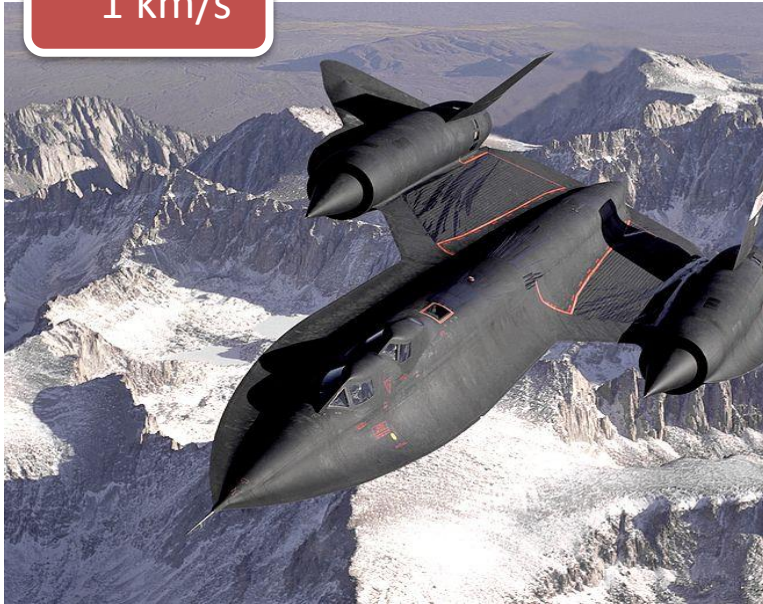
- 印尼蘇門答臘以北的海底，發生了規模9.3的地震
- 這是1960年以來全世界規模最大的地震...



200秒後(約三分鐘)，破裂延深到400公里遠的地方!
這就等同於2 km/s的破裂速度

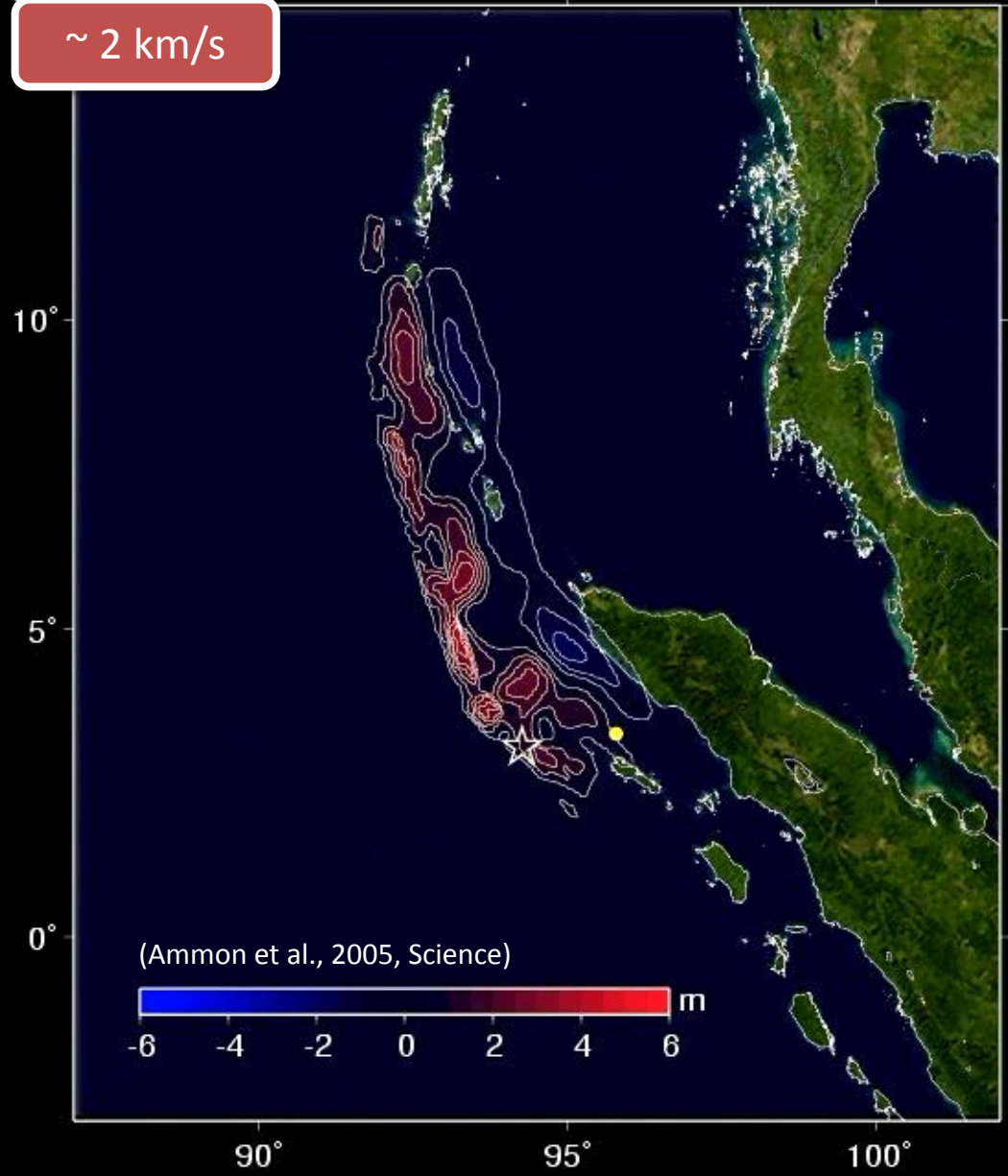
史上最快噴射機
(SR-71黑鳥式偵察機)

~ 1 km/s



<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%9B%E8%A1%8C%E9%F5%BA%A6%E8%A8%98%E9%8C%84>

~ 2 km/s

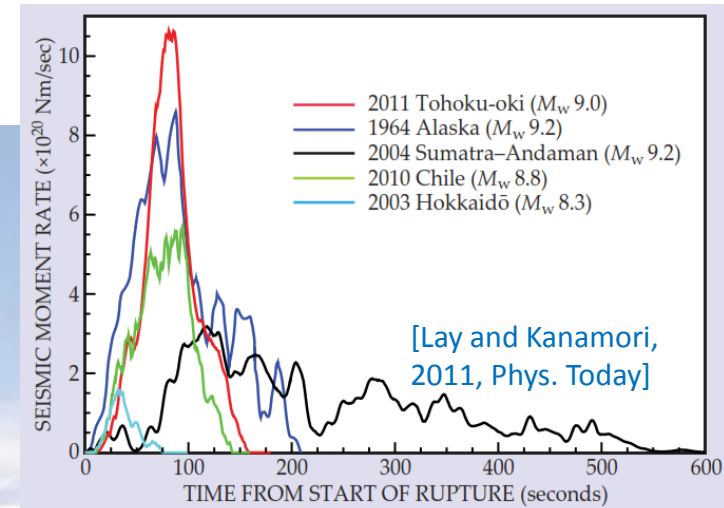
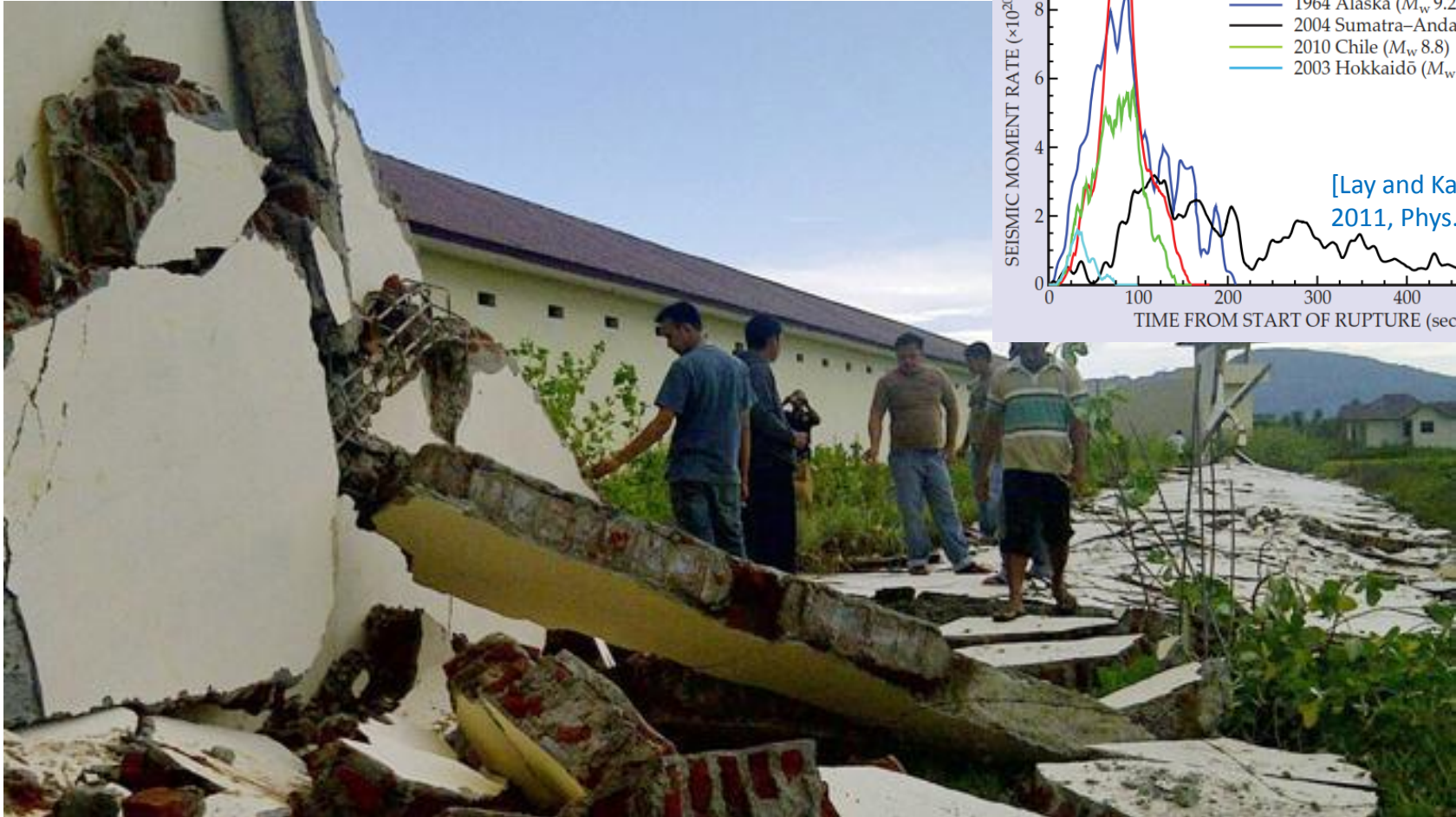


(Ammon et al., 2005, Science)

-6 -4 -2 0 2 4 6 m

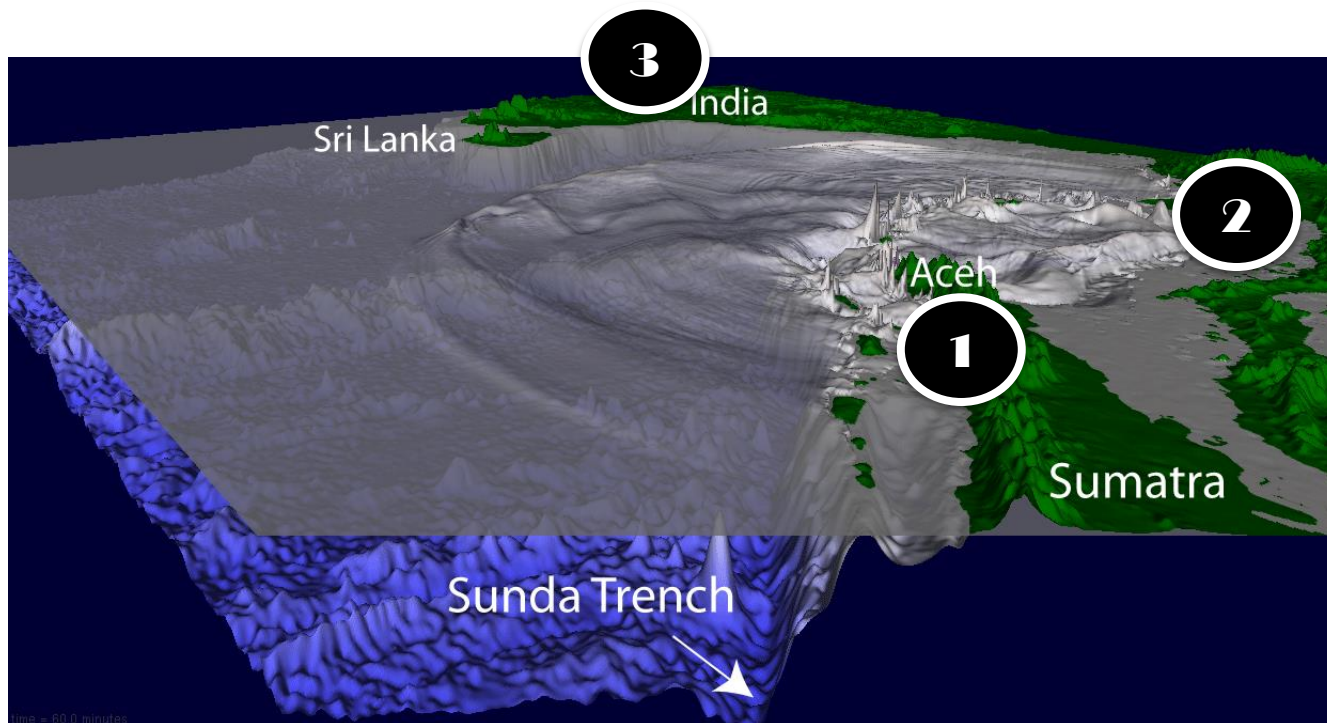
這個地震持續搖晃了地表長達八分鐘久！

同等規模的地震往往都在三分鐘內就搖晃結束，
這個地震是歷史紀錄上搖晃持續最久的！
也因此地震本身就造成建物結構的嚴重損害。

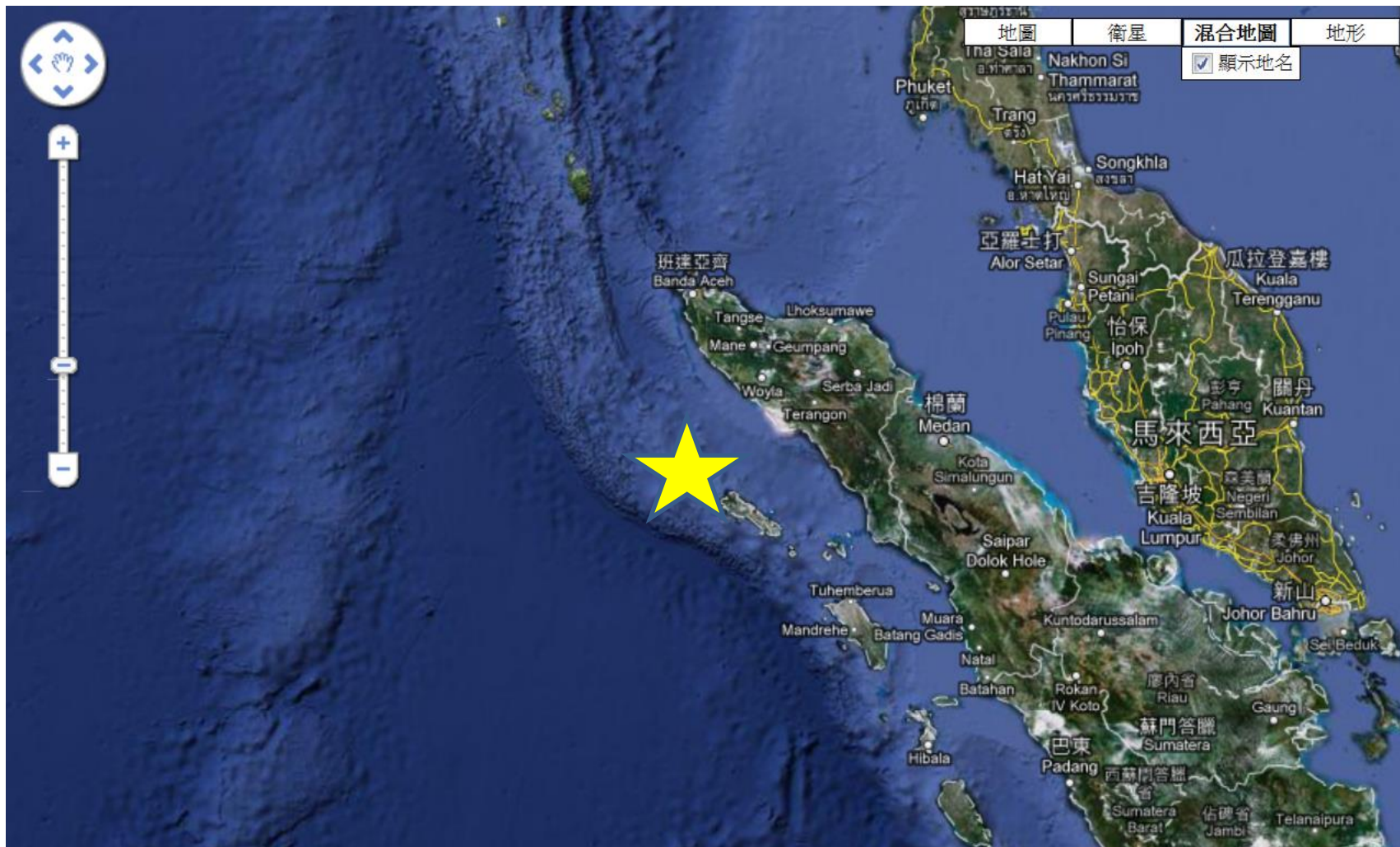


15-20分鐘後，海嘯首先襲擊了 蘇門答臘的最北邊-亞齊省

- 一個半小時後--泰國
- 再30分鐘後--印度



15-20分鐘後，海嘯首先襲擊了
蘇門答臘的最北邊-亞齊省



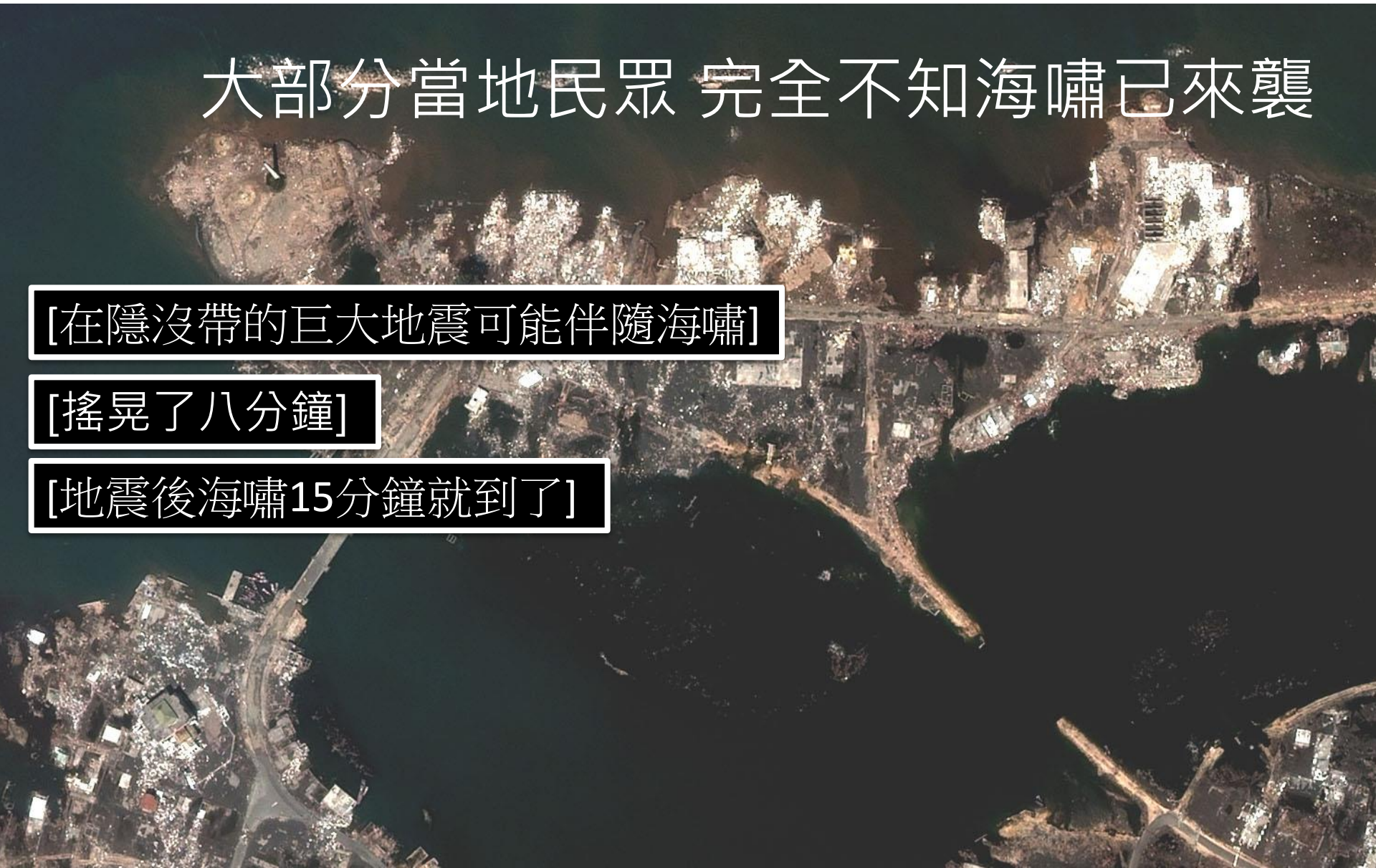
在亞齊省，傷亡慘重
死亡人數高達十七萬人

大部分當地民眾 完全不知海嘯已來襲

[在隱沒帶的巨大地震可能伴隨海嘯]

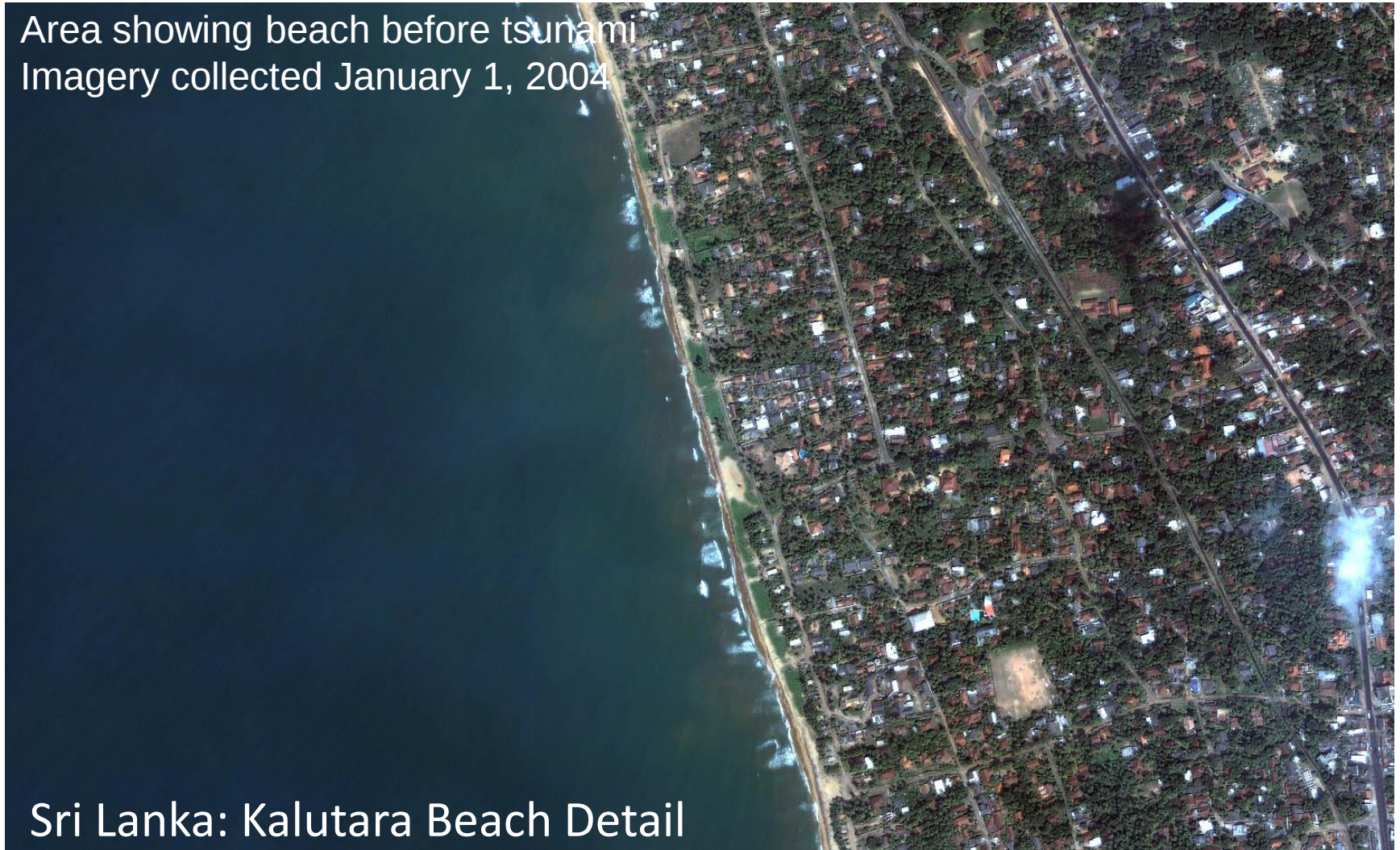
[搖晃了八分鐘]

[地震後海嘯15分鐘就到了]



海嘯是有徵兆的...

Area showing beach before tsunami
Imagery collected January 1, 2004



Sri Lanka: Kalutara Beach Detail

<http://space.about.com/library/weekly/blindonesiatsunami.htm>

大規模的海退可能會發生



Receding waters and beach damage from tsunami
Imagery collected December 26, 2004

離震央40公里的錫默盧島

奇蹟地逃過一劫…

- 離震央約40公里的錫默盧島，地震發生後，通訊中斷。外界一度以為整個島已經消失，印尼駐馬來西亞大使甚至表示，從空照結果發現當地已無生命跡象。但當災後第一架飛機降落當地機場，卻驚訝地發現，整個島似乎安然無恙！這個小島十三萬人中，僅有十人死亡。



即將來臨的海嘯災難: 巴東島

Disaster in Sumatra will continue?

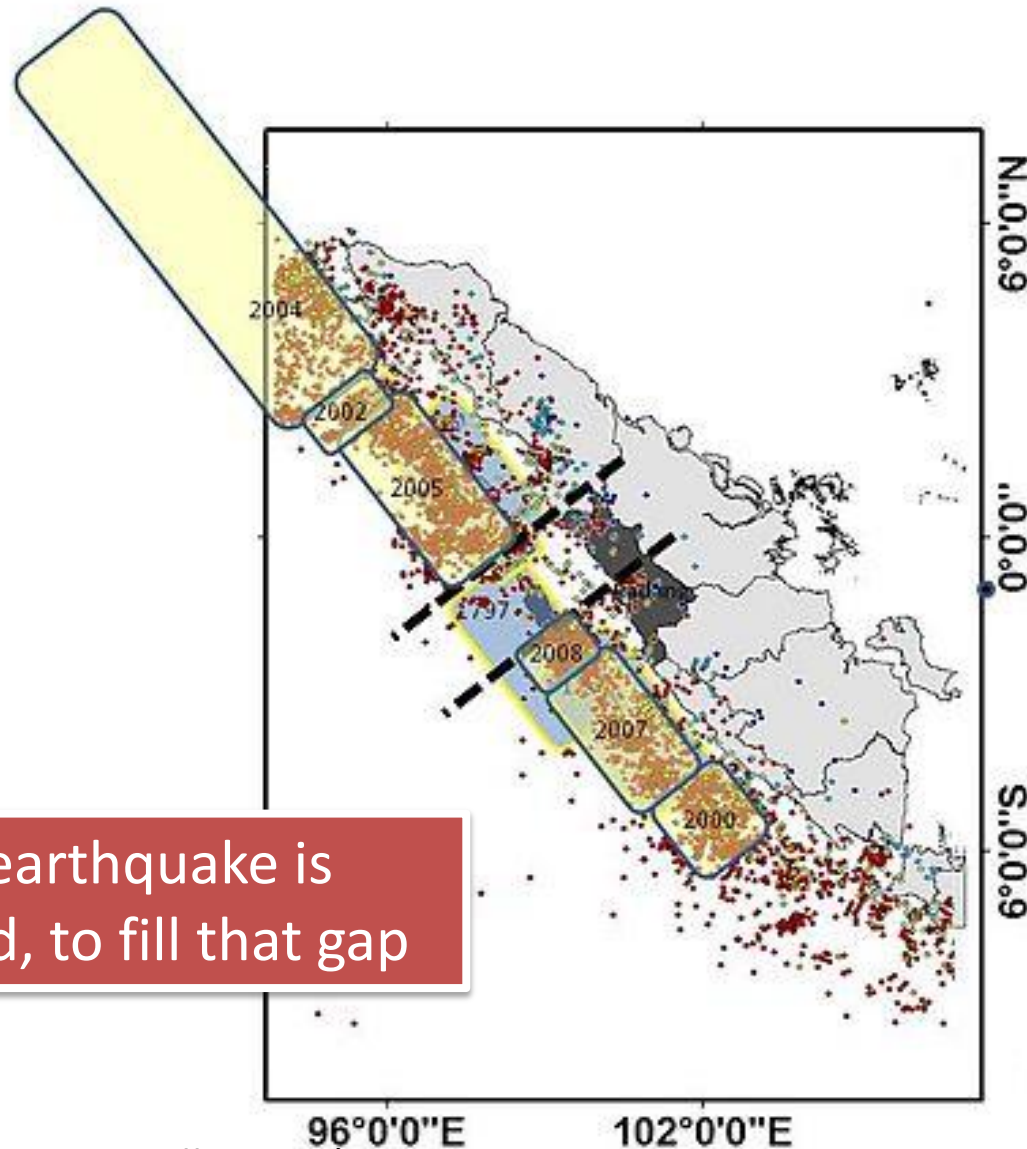
After 2004 M9.3 earthquake, a series great earthquakes ($M > 8$) hit the same area, lining up along the strike of the trench.

(Brian Tucker, USGS seminar talk, 2013)

<http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/seminars/2013-01-30/>



We are expecting next big one in Padan, Indonesia



A M8.8 earthquake is expected, to fill that gap

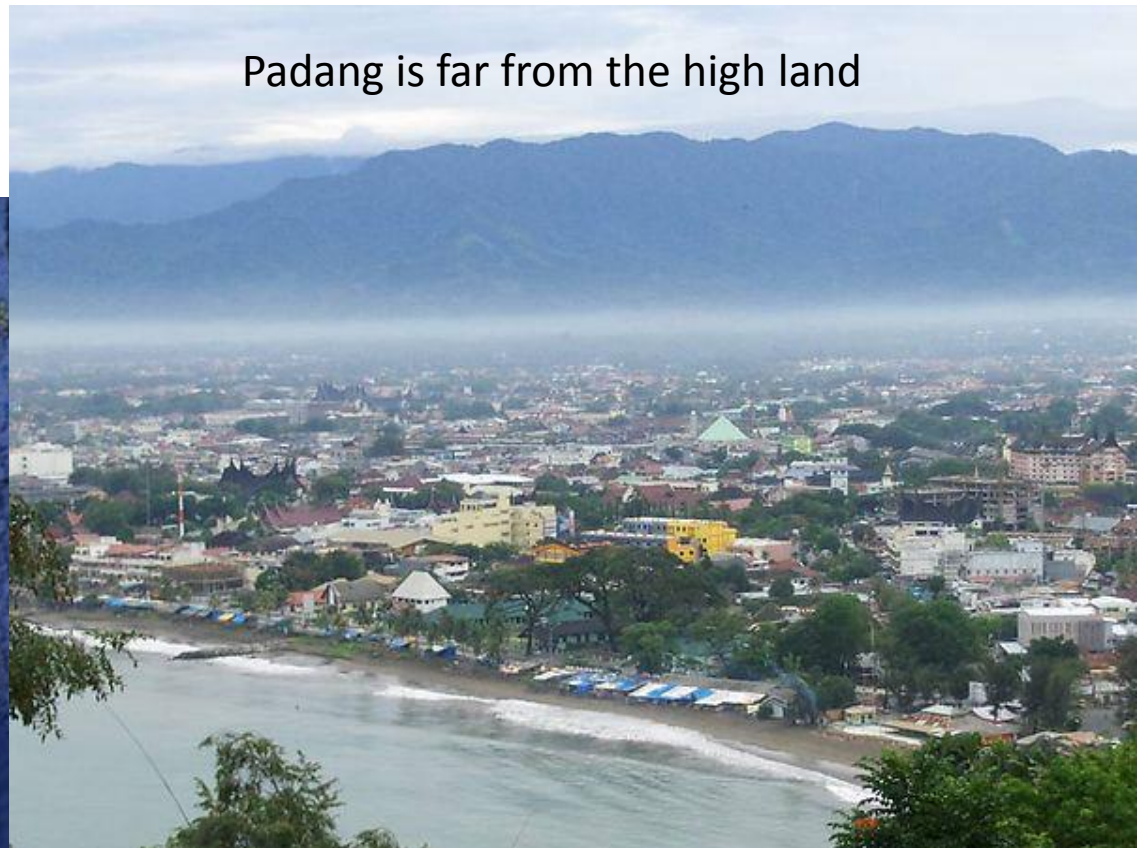
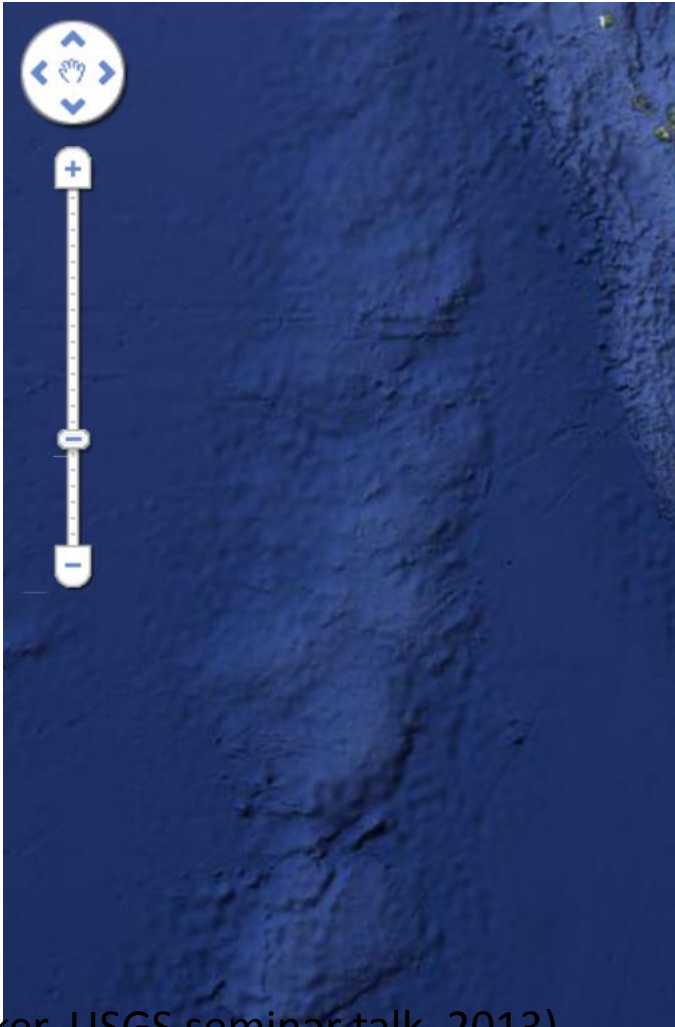
Source: A. Muhari



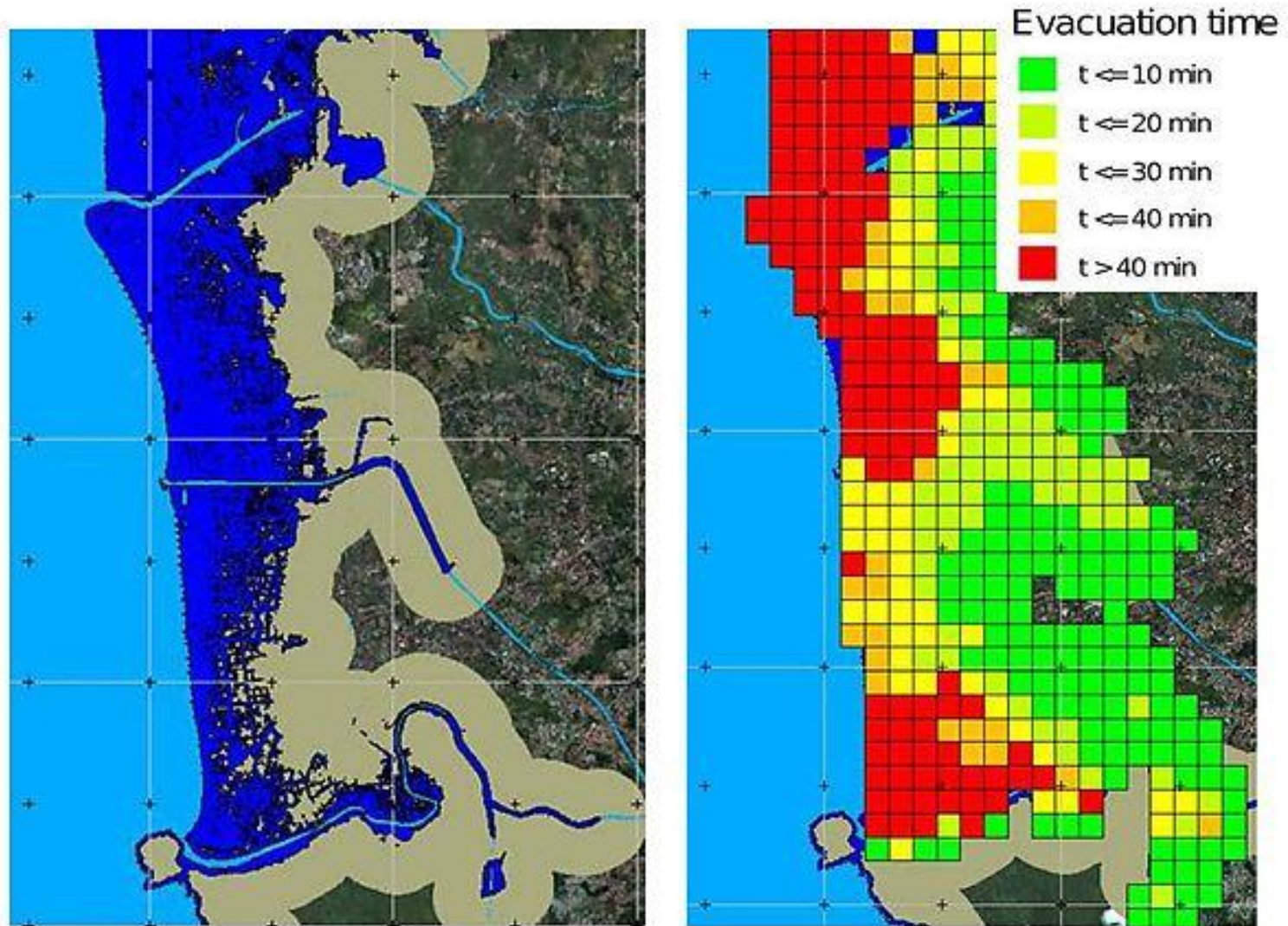
Padang's tsunami risk

- A million people live in the coastal zone

Padang is far from the high land



Tsunami will hit the coast in 25 minutes



T. Schlurmann et al. (2010)

(Tucker, USGS seminar talk, 2013)





Padang's "FEMA" and Mayor:

*"If the anticipated
earthquake/tsunami
occurred today,
400,000 people would die."*



Plan a Tsunami Evacuation Park

GeoHazards International (GHI) works in the world's most vulnerable communities to reduce loss of life and suffering caused by earthquakes and tsunamis. They help communities move from knowledge to action by raising awareness and literacy about risk

Japan



By Geohazard international



(Tucker, USGS seminar talk, 2013)

如果，我們可以充分介紹各個歷史災難故事－ 為什麼會發生？為什麼造成重大傷亡？

那我們就能有較正確的防護準備和應變判斷

1923/9/1 M7.9 Kanto earthquake



Fatalities: 142,800

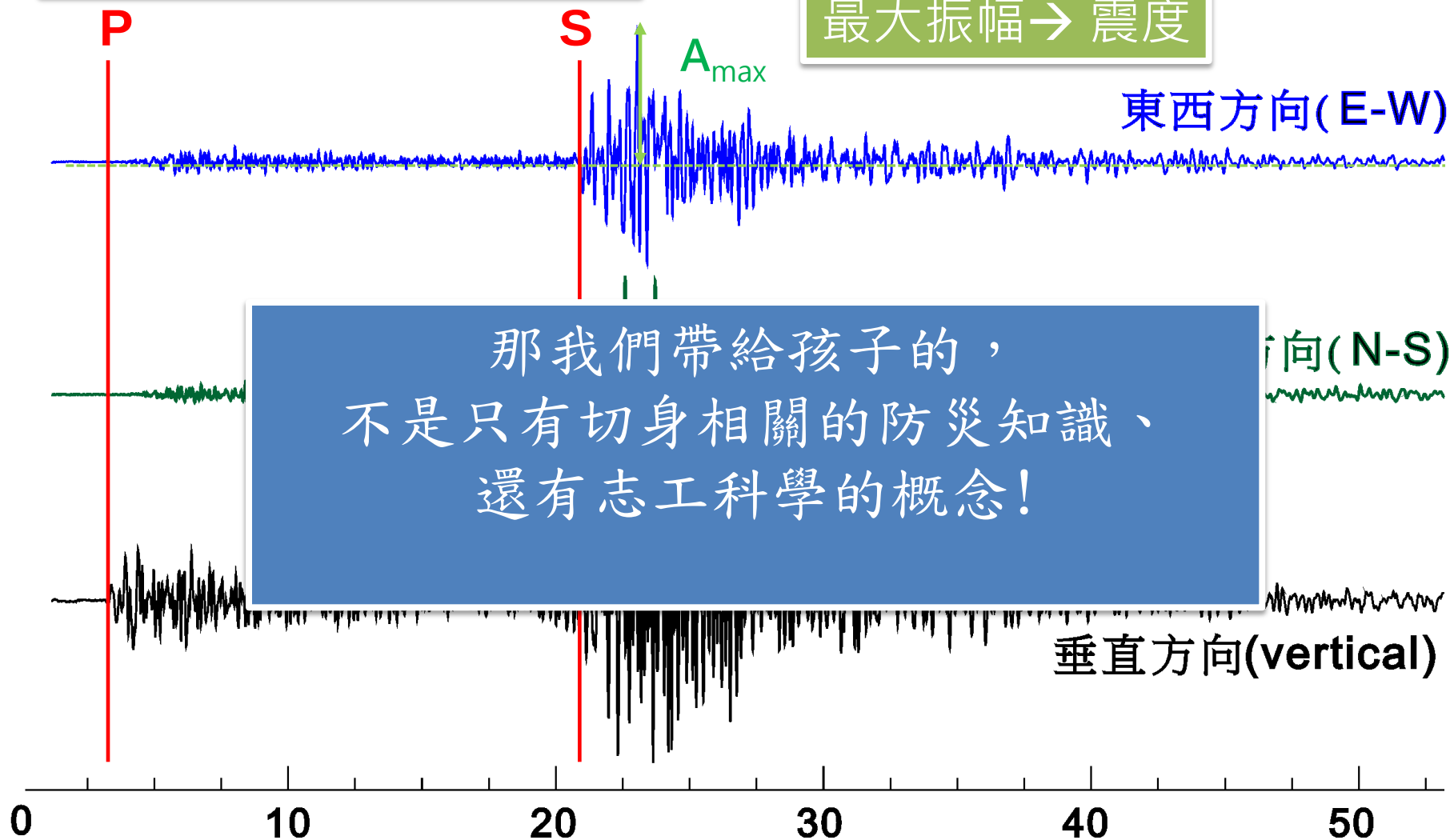
實作端的重要

培養地震科學的技能
我能不能解讀地震？
能不能解決科學問題？

如果，大家都可以解讀地震波...

P和S波到時 → 地震定位

(加速度地震圖)
最大振幅 → 震度



做個地震志工

Citizen science

科學平民化

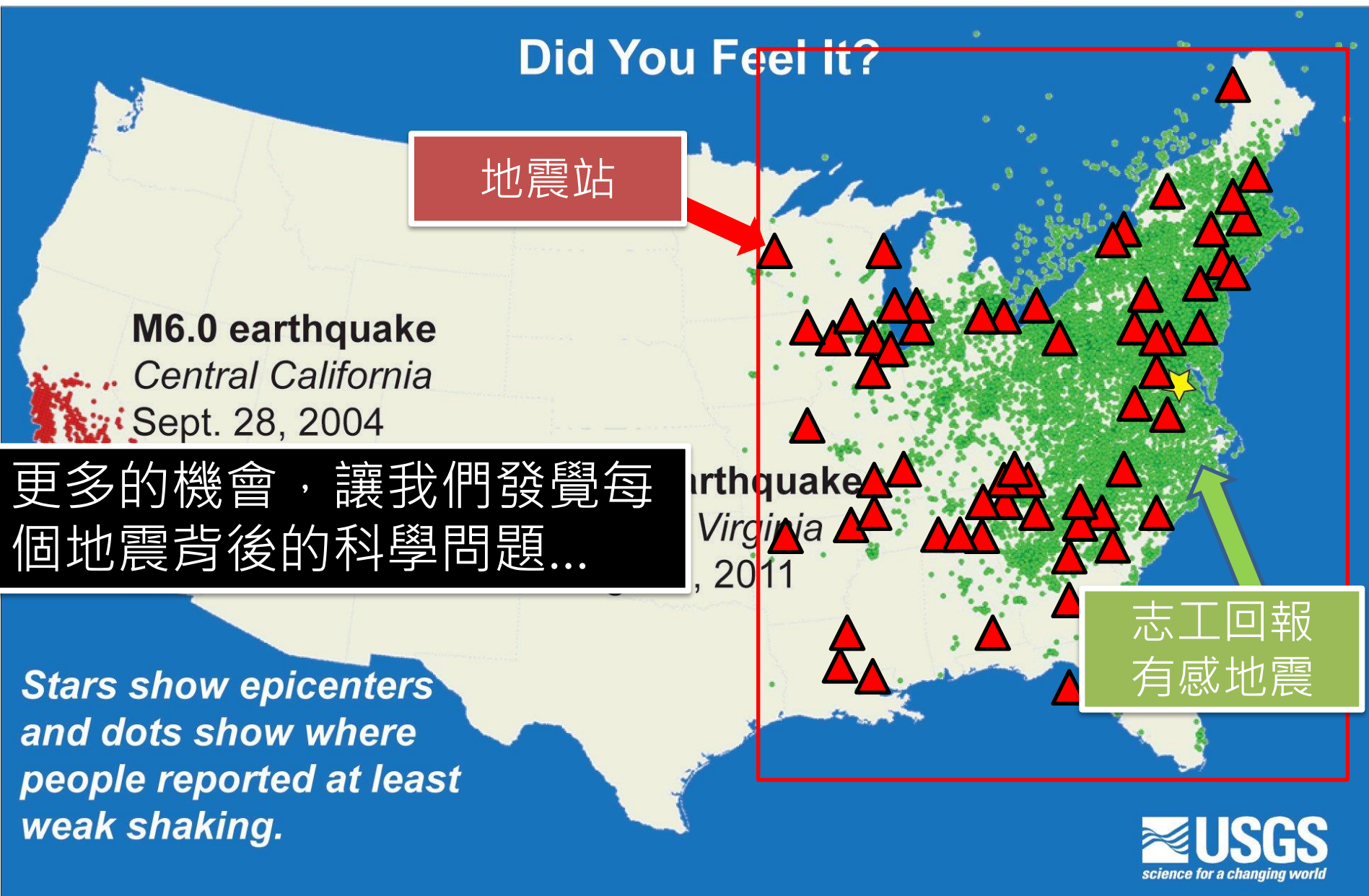
Volunteer computing

志工運算

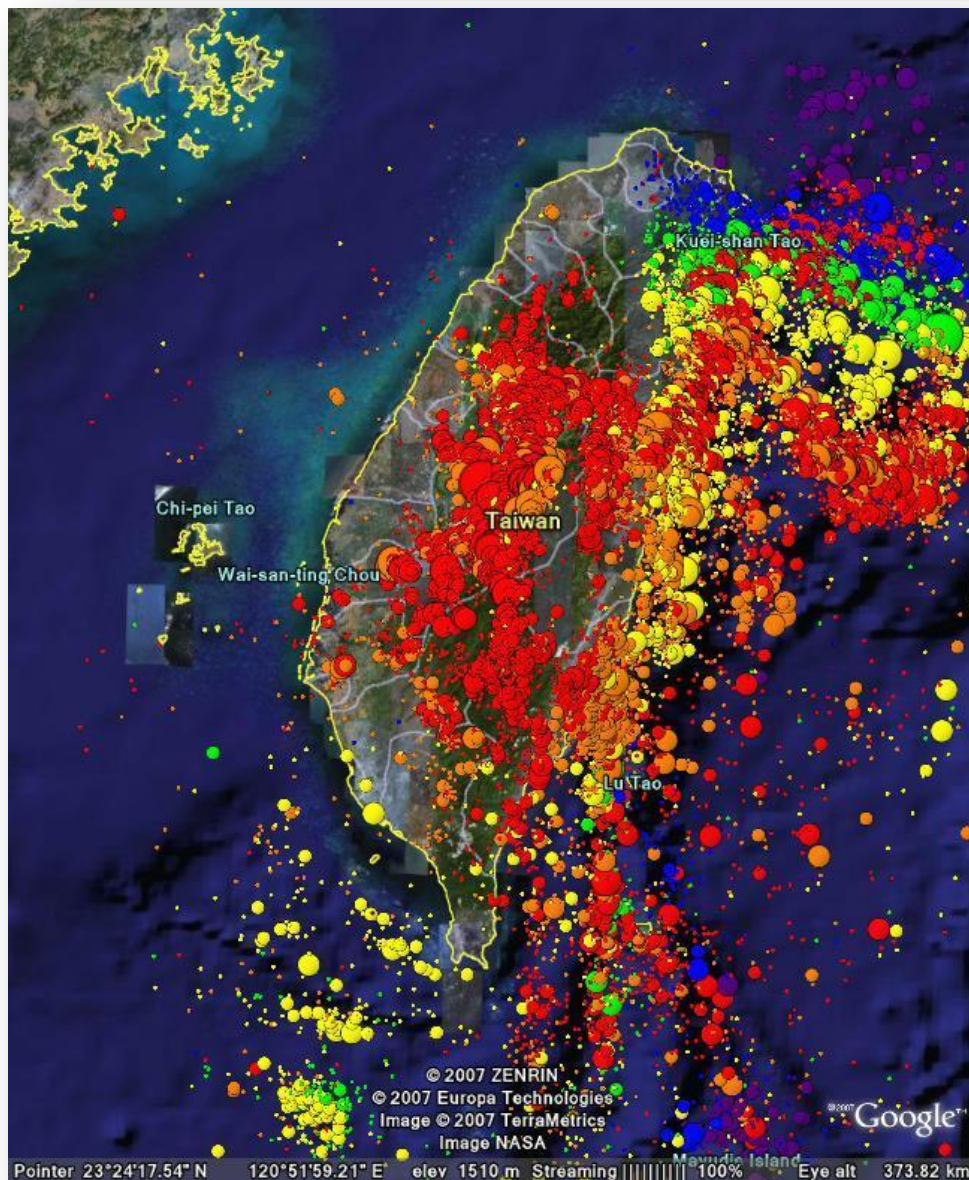
人人都可以參與科學研究

不管你在任何地方、甚麼年紀，
只要你有能力，都可以一起做科學

志工們可以提供 更密的網絡、更多的地震資訊

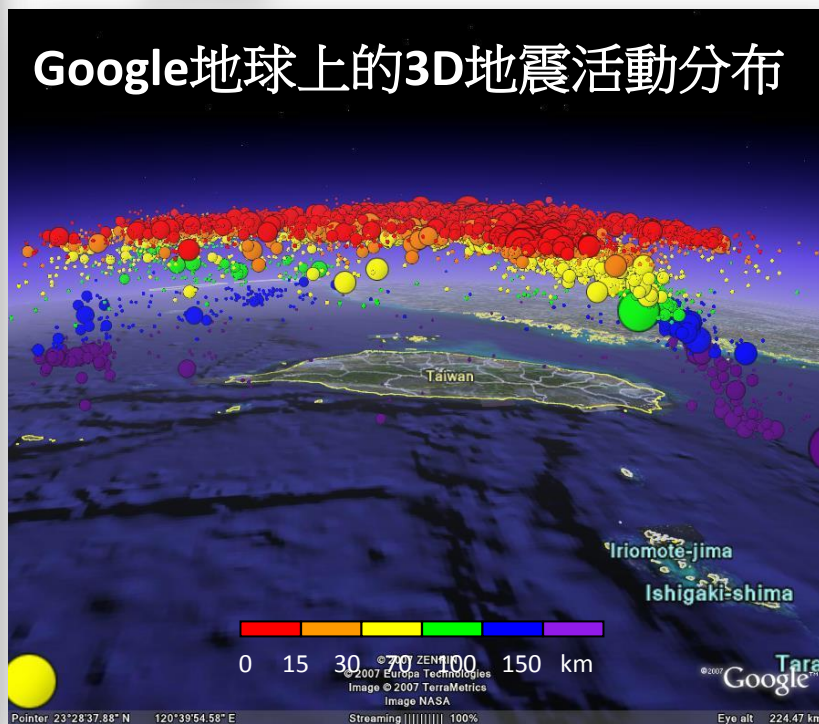


台灣的地震活動: 花蓮是中規模地震活動最頻繁的區域，亦是培養地震志工、深耕地震防災素養的絕佳地點



資料來源：  中央氣象局

- 1900~1973
- 1973~1990
- 1990~



作法

地震學園

成立教學資源平台
(完整的教材供線上下載)



地震科學雲端學習平台

經由線上學習平台“玩”地震
(真實地震資料經過雲端做運算)



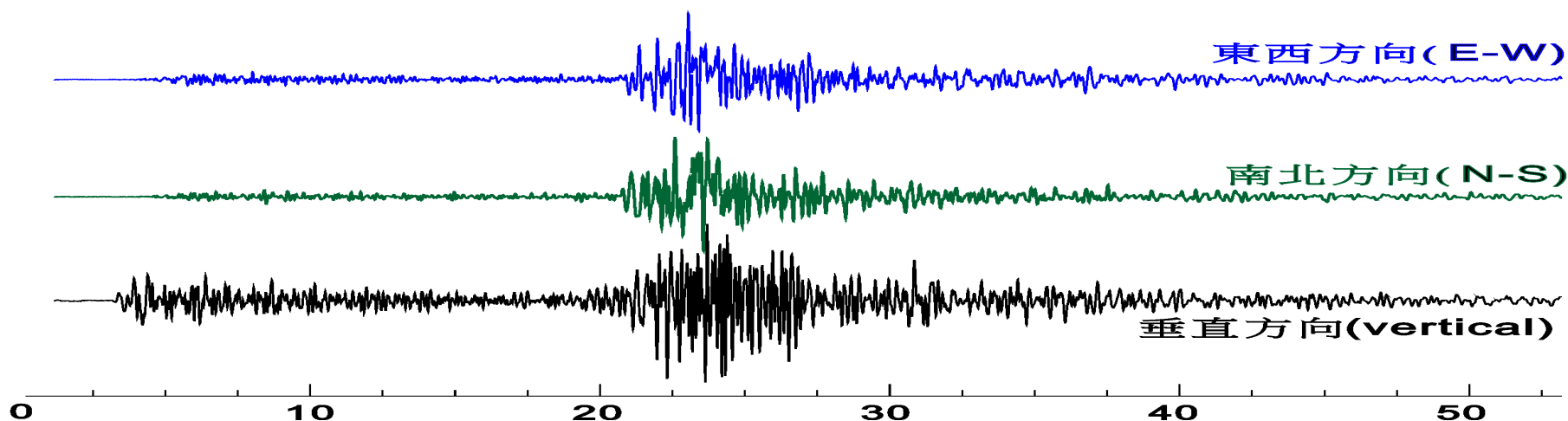
教材的中心思想

知識端

天然災害發生時，我們需要具備甚麼知識？

實作端

九歲孩子，能不能找到地震？
能不能測量震度和規模？



台灣 地震學園

Earthquake school in the cloud

[主頁](#)

[我們是...](#)

[教學單元](#)

[各司其職](#)

[試教活動](#)

[防災課題](#)

[More](#)

我們走了多遠？



板橋沙崙國小，五月試教活動

陳卉瑄	台灣師大 地球科學系（原型教材研發與推廣）
梁文宗	中央研究院 地球科學所（地震資料互動平台研發與推廣）
吳昱鋒	台灣師大 科學教育所（科教現場教學觀測、研發素養及成效）
嚴漢偉	中央研究院 網格計算中心（分散式應用平台與模擬分析）

地震學園
開跑~



WORK PLAN



目前教材內容

融合地震故事和遊戲的教學資源平台：

一系列課程，由地震海嘯故事、到地震防護。

- (1) 培養地震科學的正確知識：從地震海嘯故事中學學習為什麼災害會發生、而我們學到了甚麼？
- (2) 培養地震科學的技能：從地震遊戲中學到地震波怎麼解讀、而我們可以怎麼玩地震資料？

單元一

孤兒海嘯

1700年，在日本發生了大海嘯，記錄到和全世界目前為止最大的地震(1960, 智利, 規模9.5)同等級的海嘯高度!

然而，當地人沒有感到搖晃、全世界沒有任何史料記載顯示這個1700年發生的海嘯從何而來...

國小版 (板橋沙崙國小 蔣倩雯 王亭雅老師 製作)

國中版 (桃園同德國中 邱宇平 錢宜新老師 製作)

高中版 (北一女中 林郁梅、屏東高中張凱雯、成德高中呂廷鈺、百齡高中張淵淑共同製作)

原型教學播放檔

單元二

找到地震 (遊戲)

如果，有一天，地震發生了，中央氣象局緊急招募地震志工、想要快點"找到地震" ...

你，想不想當志工呢?
國小、國中、高中版本即將在2014年二月和大家分享!

原型教學播放檔

單元三

南亞大海嘯

2004年12月26日曼谷當地時間為上午7時58分55秒，印尼蘇門答臘以北的海底，發生了規模9.3的地震。這是1960年以來全世界規模最大的地震...

這個地震持續搖晃了地表長達八分鐘久，15-20分鐘後，海嘯首先襲擊了蘇門答臘的最北邊-亞齊省。當地民眾，完全不知海嘯已經來襲...

原型教學播放檔

單元四

玩出震度 (遊戲)

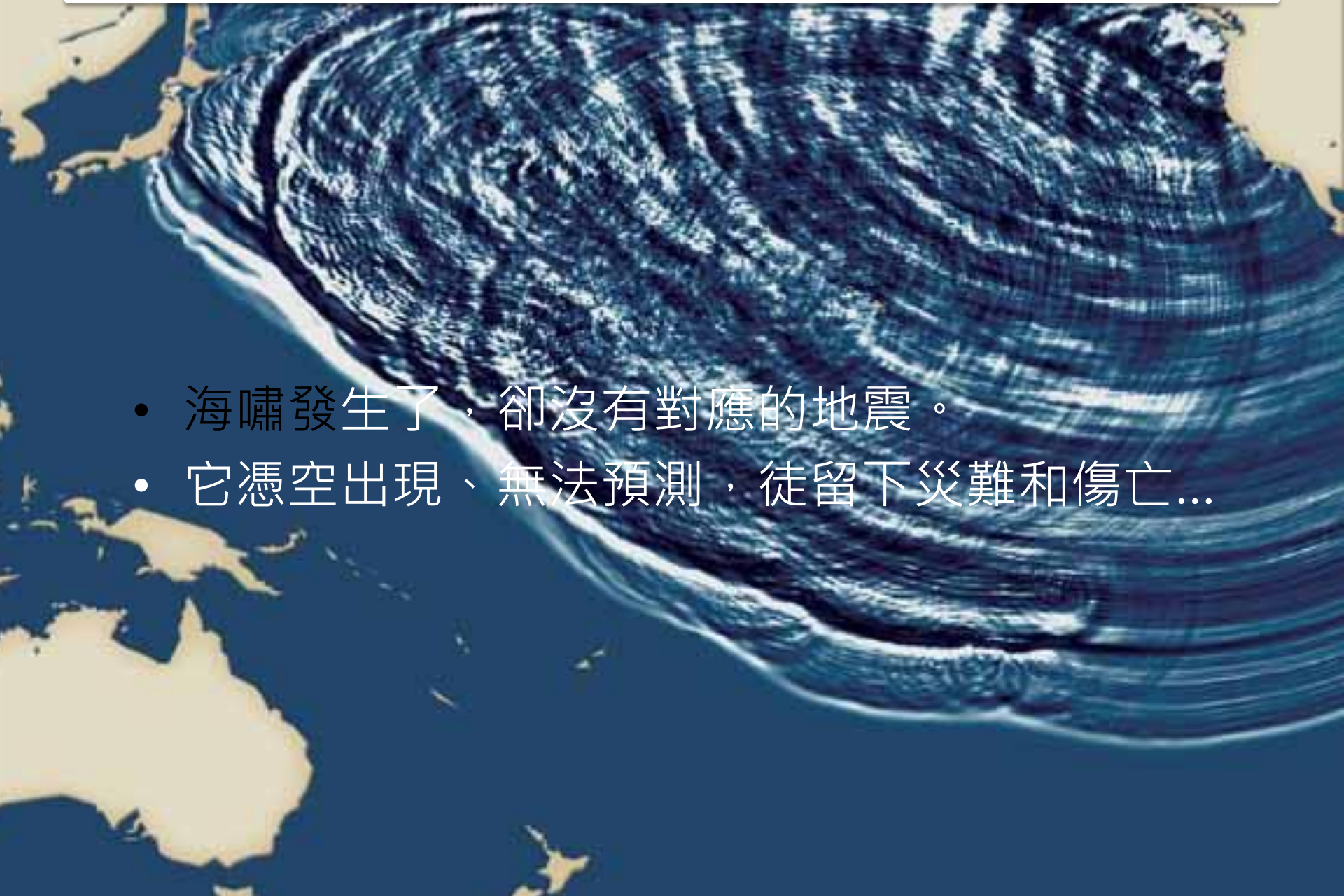
2004年南亞大海嘯的預警系統"失靈"，是因為短時間內，對"地震到底多大"沒法掌握，低估了海嘯災害的嚴重性。

你知不知道，利用震度的計算，也能估計地震大小喔!

原型教學播放檔

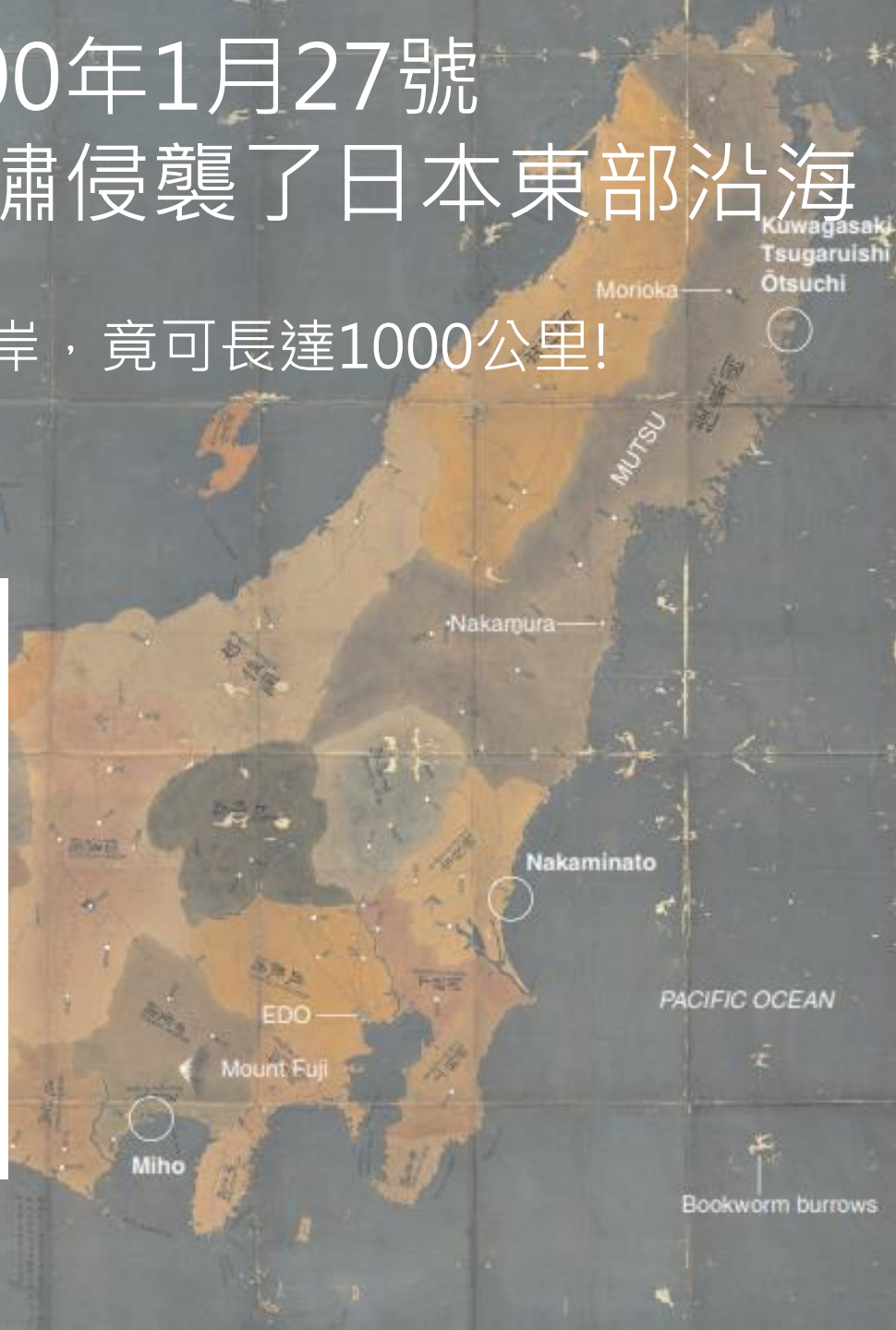
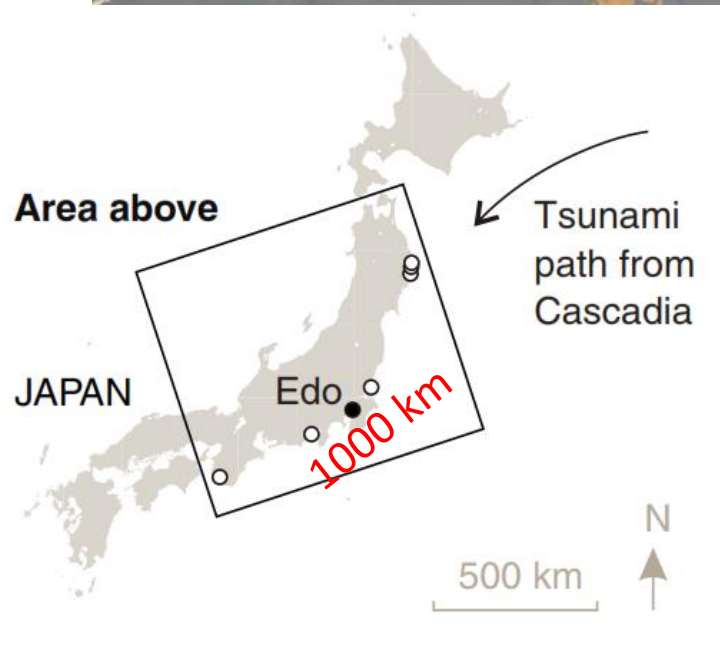
單元一: 孤兒海嘯

- 海嘯發生了，卻沒有對應的地震。
- 它憑空出現、無法預測，徒留下災難和傷亡...



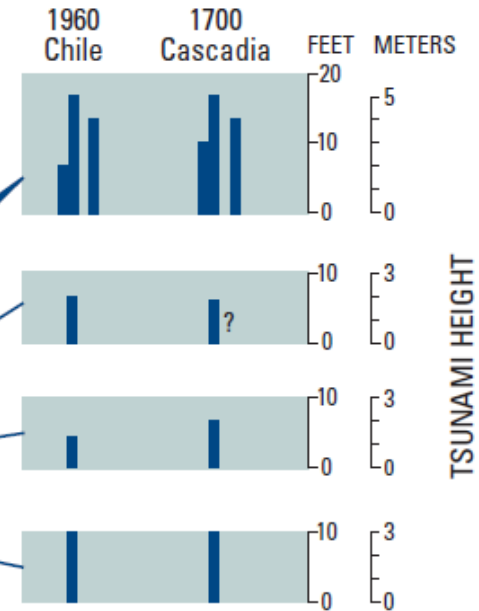
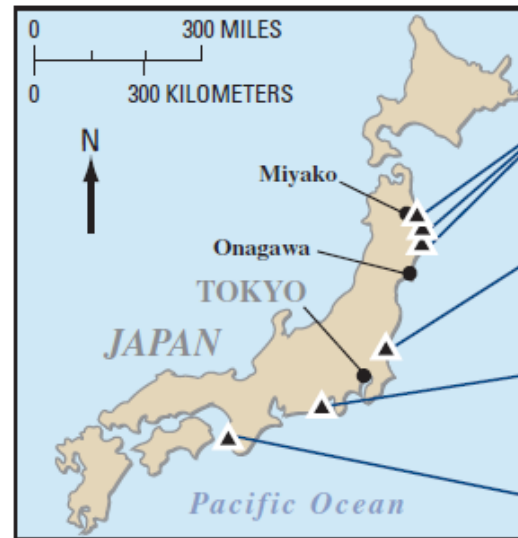
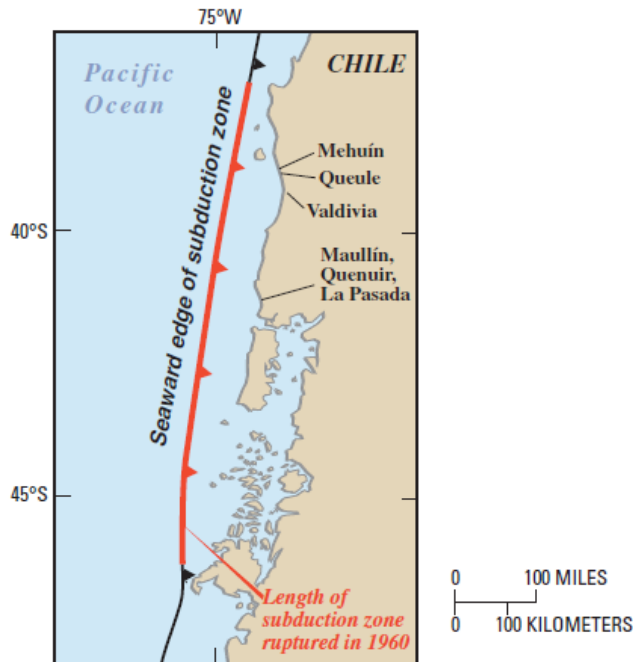
1700年1月27號 3公尺高的海嘯侵襲了日本東部沿海

海嘯紀錄沿著本州海岸，竟可長達1000公里！



這個海嘯在日本， 有著和1960 M9.5 智利地震同樣等級的海嘯高度！

1960智利地震，造成的海嘯
傳到日本，高度是這樣的



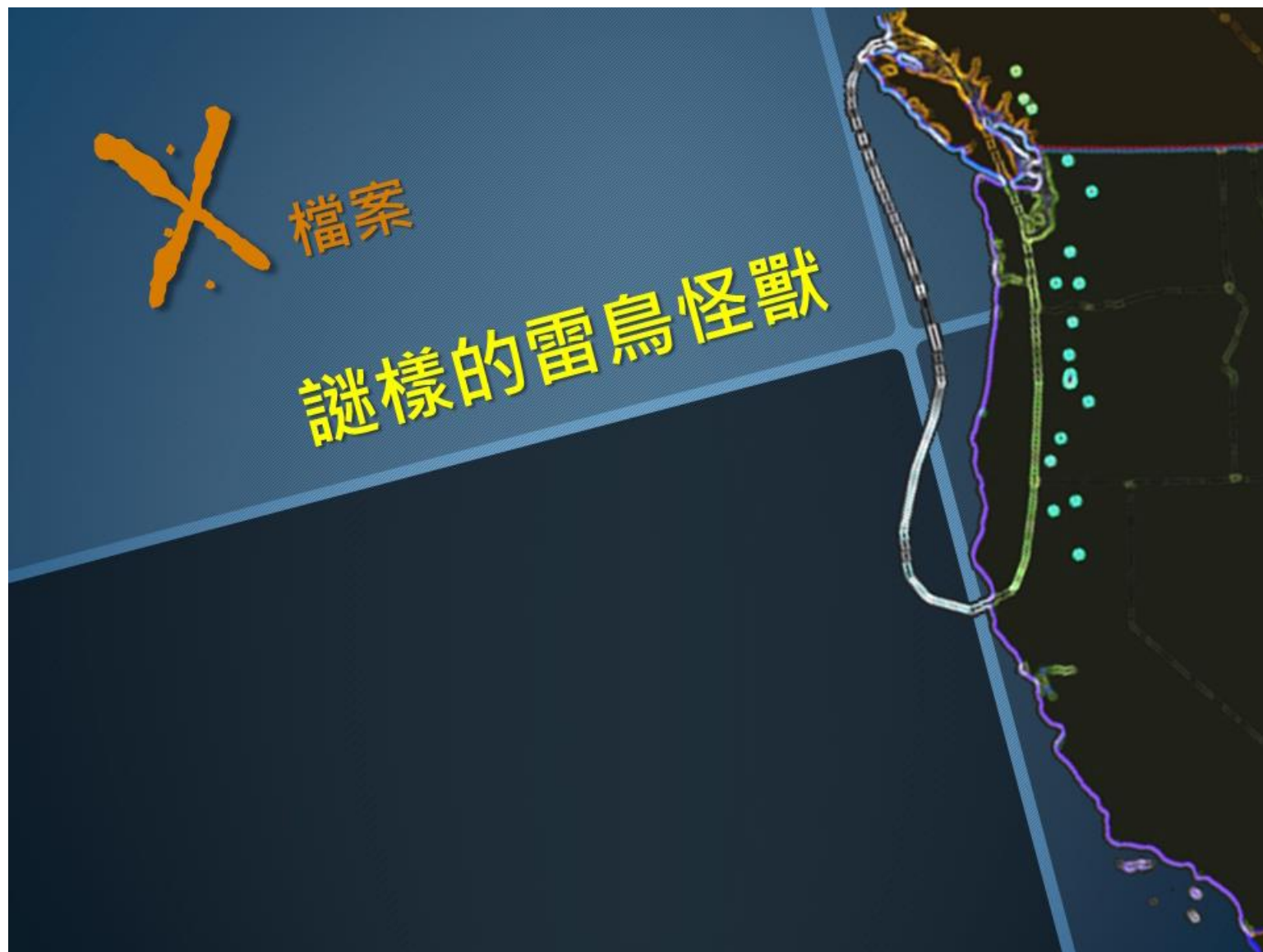
As shown by wave heights observed in Japan, subduction-zone earthquakes in Chile and Cascadia have caused tsunamis that were **large** even after crossing the Pacific Ocean.

而 1700年的海嘯在日本的紀錄，竟也這麼高！

然而，當地人沒有感到搖晃、全世界沒有任何史料紀載顯示這個1700年發生的海嘯從何而來...

地震學園種子教師

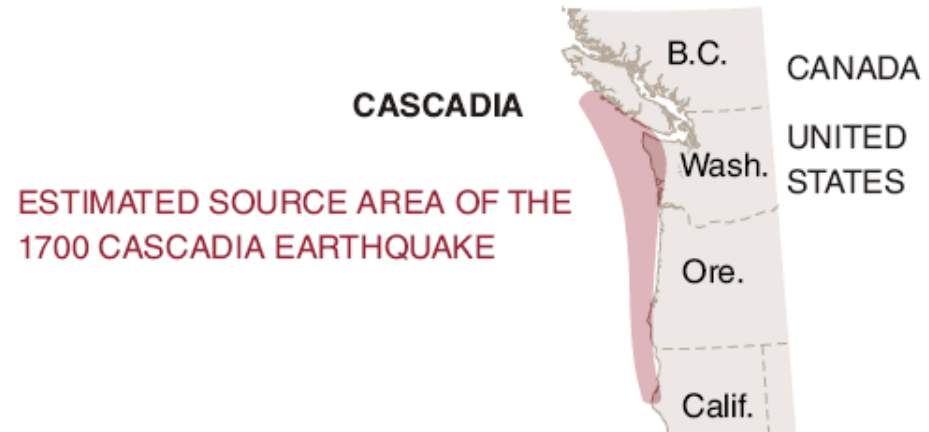
桃園同德國中 邱宇平 錢宜新 老師 製作



在1980年代，孤兒海嘯的謎底，終於揭曉

1700年，
在卡司卡迪亞的大地震

Earthquake in Cascadia

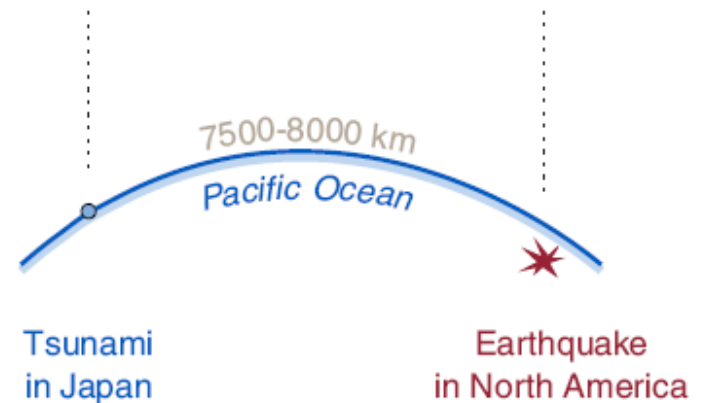


Tsunami in Japan

KNOWN SITES OF
THE 1700 TSUNAMI
IN JAPAN



造成的七八千公里外的
日本海嘯



單元二：找到地震

地震定位遊戲



地震列表

- 地震一
- 地震二
- 地震三
- 地震四

清除標記

提示

速度參數

透明度

地震位置

請選擇地震的定位

圓圈顏色

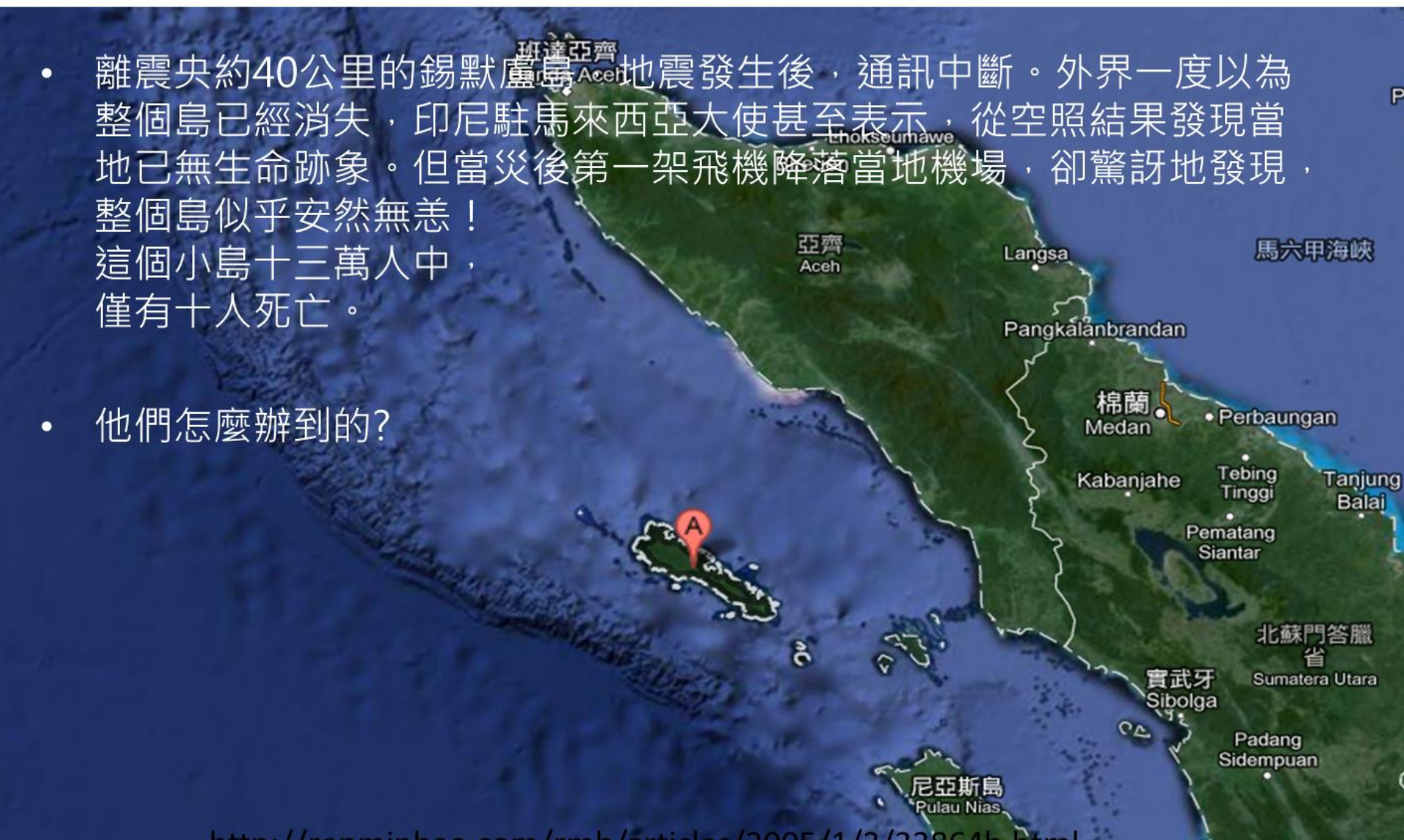
0000FF

我不會玩！

離震央40公里的錫默盧島

奇蹟地逃過一劫...

- 離震央約40公里的錫默盧島地震發生後，通訊中斷。外界一度以為整個島已經消失，印尼駐馬來西亞大使甚至表示，從空照結果發現當地已無生命跡象。但當災後第一架飛機降落當地機場，卻驚訝地發現，整個島似乎安然無恙！
這個小島十三萬人中，僅有十人死亡。
- 他們怎麼辦到的？



單元四: 玩出震度

玩出震度



<http://footage.shutterstock.com/clip-3649961-stock-footage-seismograph-is-working.html>

台灣師大地球科學系 陳卉瑄

後續單元...

單元五

法醫地震學

經由解讀地震波，你也可以分辨秘密核子試爆喔！

這裡我們會介紹斷層錯動、火山活動、核試爆、雪崩、土石流、冰山碰撞、隕石撞擊、爆炸意外等等對應的地震波，並讓你自己製造地震、當一個地動"鑑識科探員"。

而構造地震，是我們最常遇到的"鑑識類別"，要精準描述地震和斷層的關係，我們也需要知道甚麼是斷層的走向、傾角、和滑移方向。一旦知道這些，你就可以挑戰下一個"斷層面解"的遊戲了！

單元六

斷層怎麼動？

(遊戲)

怎麼用地震波，描述對應的斷層面呢？

經過簡單選取地震波第一個到達的波相，你可以辨別是上動或下動，這些資訊，讓你找出這個地震的斷層面喔~

單元七

手作地震儀

(實作)

地震儀，是用來監測地表晃動的大小。

只要有大的寶特瓶罐子，你也可以做一個喔！

來玩玩吧！

**2013/12/21 於成大地科的
2013全國地科能力競賽之
教師工作坊分組實作競賽
錄影**

第一組 第二組 第三組
第四組 第五組1 第五組2
第六組1 第六組2 第七組

教學檔案(ppt)

單元八

地震防護

(模擬劇場)

地震來了我們要怎麼辦？

就等到搖晃過了，就沒事了？

如果伴隨著複合式災害(颱風、土石流、水患?)，你又会怎麼辦？

這裡我們會讓學生們自由社竟情境，進行劇場表演，讓你思考自己"我會不會保護自己、要怎麼幫忙身邊的人?"

防震三部曲

防護遊戲

近即時地震闖關擂台

地震速報自己來

這個闖關擂台，需要擁有QCN地震志工的權限，也需要有解讀地震波的能力認證。
在四個認證遊戲：1. 地震在哪裡 2. 震度有多大 3. 規模有多大 4. 地震斷層怎麼動？，只要你通過了，就可以進入競賽擂台。

地震速報自己來

登出



只要當你/你學校的感測器還在使用中，地震發生時，你可以進入競賽擂台，
完成自己的地震速報！

每一次進入擂台你都能增加積分，完賽後可看到自己的排名喔~



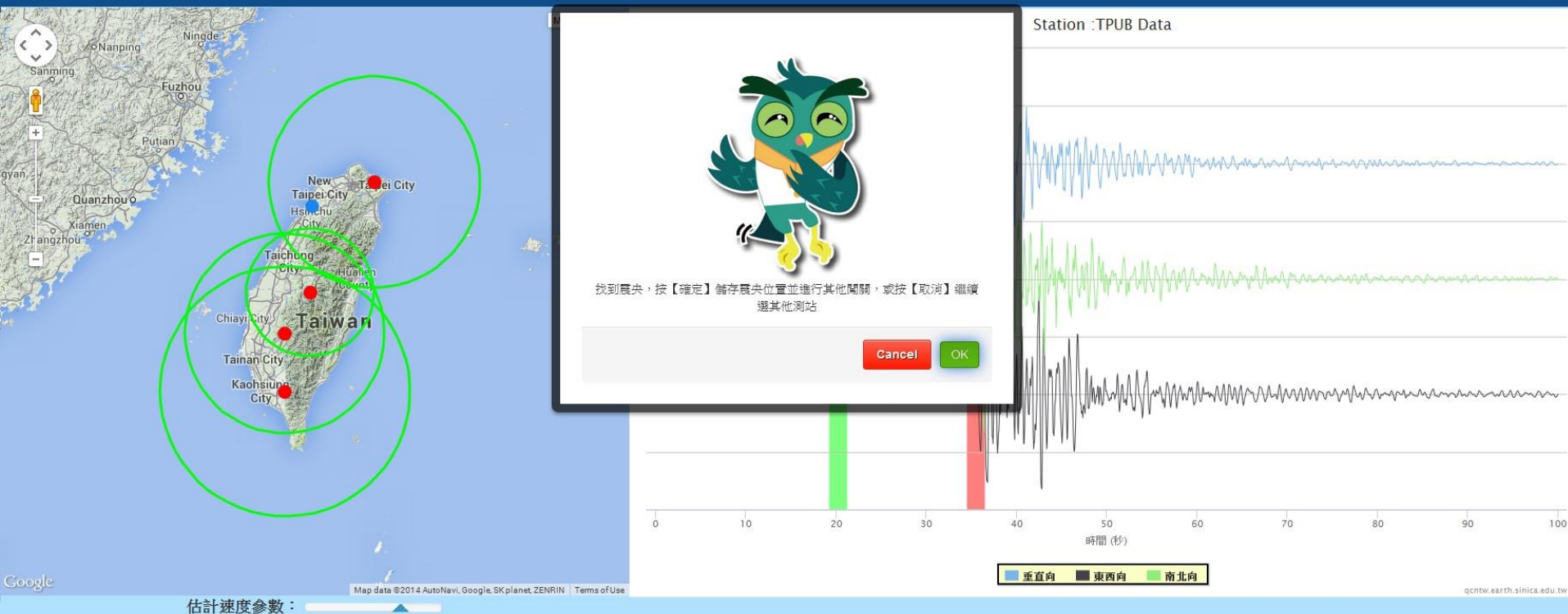


1 地震在哪裡？

li.katepili@ntnu.edu.tw 小志工 你好!

地震遊戲競賽資格認證：地震定位

回上頁



找到震央，按下確定進行下一步

地震學園的推廣活動

教師專業工作坊 (台南國小教師)

鎖定: 教案設計 (地震學園單元一~四) 參與人數: 50



2014年3月31截稿日:
那拔國小交件!

教師專業工作坊 (台南國小教師)

鎖定: 教案設計 (地震學園單元一~四) 參與人數: 40



臺南市103年度
「台灣地震科學雲端學習平台」建置
校園捕震網種子教師教育訓練工作坊
II

時間: 2014/6/16~17

地點: 台南市新化國小

- 比賽時間: 6/17-18兩天
- 6/17 第一階段收件截止
- 第一名: 那拔國小團隊(三萬元)
- 本次工作坊將選出 佳作若干 (一萬五千元)

比賽辦法:

三~五人一組，每組一件。

針對三大課程單元，繳交(1) 教案 (2) 學習單 (3) 說明課程架構和理念

孤兒海嘯(怎麼尋找地震和海嘯的痕跡?) 一堂課
找到地震(解讀地震波做地震定位) 一堂課
動手玩地震(QCN感測器安裝和紀錄) 兩堂課

		球科學所 梁文宗博士
12:00-13:30	分組午餐	
13:30-15:20	分組實作 (I): QCN教學模組	全體教師
15:30-16:30	“動手玩地震” 分組展演I	臺灣師範大學 地球科學系 陳卉瑄教授 中央研究院地 球科學所 梁文宗博士 台灣師範大學 科學教育所 吳昱鋒博士

教師專業工作坊 (北市高中老師)

鎖定: 地震遊戲 (三個實作遊戲) 參與人數: 22



台北市103年度臺北市
103年度高中課程與教學
發展工作圈地球科學科
教師跨校專業學習社群
「動手玩地震」教師研
習營!

時間:2014/3/11

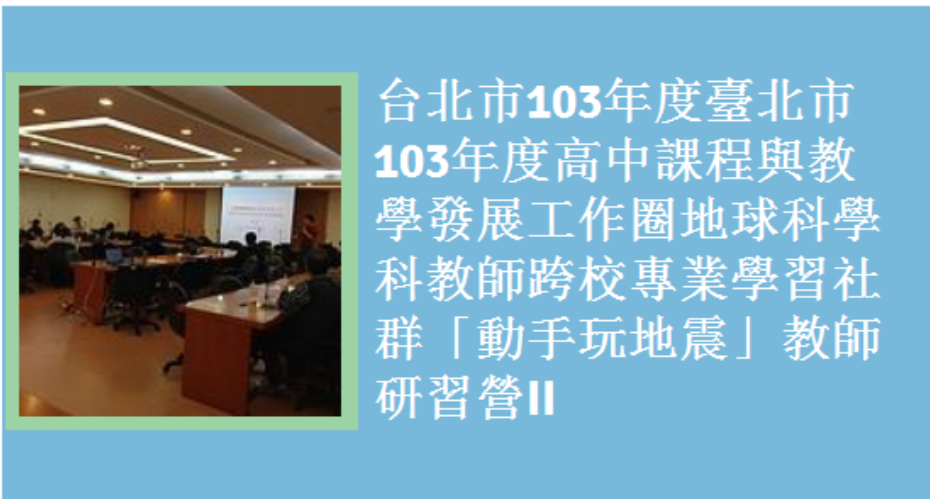
地點:台北市成功高中

時間	內容	主講人(主持人)
13:00-13:20	報到	實研組曾維亭組長、謝莉芬老師、傅怡雯老師
13:20-14:20	家有地震儀 (QCN安裝+Bonic)	梁文宗博士
14:30~15:10	動手玩地震 (找到地震+量出震度)	陳卉瑄教授
15:20~15:50	分組探索地震活動	陳卉瑄教授
15:50-16:20	成果展演	陳卉瑄教授

- 取前三名頒獎狀及獎金獎品。
- 第一名提供作品撰稿費新台幣5000元，QCN感測器一支;
- 第二名提供作品撰稿費新台幣3000元，QCN感測器一支;
- 第三名提供作品撰稿費新台幣1000元，QCN感測器一支。

教師專業工作坊 (北市高中老師)

鎖定: 地震遊戲 (三個實作遊戲) 參與人數: 25



時間: **2014/5/20**

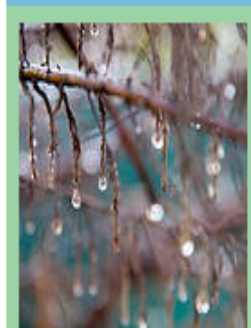
地點: 台北市成功高中

- 取前三名頒獎狀及獎金獎品。
- 第一名提供作品撰稿費新台幣**5000**元，(C)
- 第二名提供作品撰稿費新台幣**3000**元，(C)
- 第三名提供作品撰稿費新台幣**1000**元，(C)

時間	內容	主講人(主持人)
13:00-13:20	報到	實研組曾維亭組長、 謝莉芬老師、傅怡雯老師
13:20-13:30	工作坊簡介	臺灣師範大學地球科學系 陳卉瑄教授
13:30-14:20	動手玩地震 (QCN Live)	中央研究院地球科學所 梁文宗博士
14:20~15:20	分組討論與 QCN教學模組示範	臺灣師範大學地球科學系 陳卉瑄教授 國立蘭陽女子高級中學 林冠宏老師
15:20~15:50	“玩出震度”教學模組示範	臺北市立百齡高級中學 張淵淑老師
15:50-16:20	“找到地震”教學模組示範	臺北市立第一女子高級中學 林郁梅老師
16:20-17:00	回饋與討論	

教師專業工作坊 (花蓮國小教師)

鎖定: 地震遊戲 (四個實作遊戲) 參與人數: 82



「人手一台感測器，動手玩地震」：
建置花蓮區地震防災校園與地震志工社群工作坊

時間: 2014/9/11

地點: 花蓮縣宜昌國民小學

- 活動結束後，在花蓮縣防災教育深耕網的103 年度學校執行成果 將出現“**校園地震觀測與防災教育**”選項，每個月更新一次結果: (1) 感測器存活率(2) 志工積分統計(一個地震，該校有志工/小志工參賽，即算達成)。

<http://esd.km.edu.tw/hlcdisaster/Results.aspx>

- 在闖關平台，會有每次地震完之後的志工排名。

時間	內容	主講人(主持人)
08:30-09:00	報到	
09:00-09:30	「人手一台感測器，動手玩地震」工作坊簡介	陳卉瑄教授
09:40-10:40	家有地震儀 (QCN 安裝 +Bonic)	梁文宗博士
10:50-11:20	自我介紹和分組(4人一組)	
11:20-12:00	地震在哪裡 (遊戲)	陳卉瑄教授
12:00-13:00	午餐時間	
13:00-13:40	震度有多大 (遊戲)	葉庭禎
13:40-14:20	規模有多大 (遊戲)	陳卉瑄教授
14:20-15:00	地震斷層怎麼動 (遊戲)	梁文宗博士
15:00-15:40	“地震速報自己來”地震志工挑戰賽 (分組比積分)	陳卉瑄教授
15:40-16:40	依遊戲分組(選桌長和紀錄)，成果展演: 我們可以怎麼教?	
16:40-17:00	機動時間 (課程介紹)	

Lesson learned (教材端)

與國小老師們的合作

普遍教學信心不足

請種子教師示範教學獲得較多
交流回饋

教材研發專業性不足

我為什麼
要做？

教材與課綱
的配合度？

與種子教師們的合作

單次工作坊僅能介紹教材，難以有效率修改教材

在課堂試教，必須兼顧課綱，實習起來不易

同一個教材要貫穿國小、國中、高中，必須要設計知識技能和情意的層次



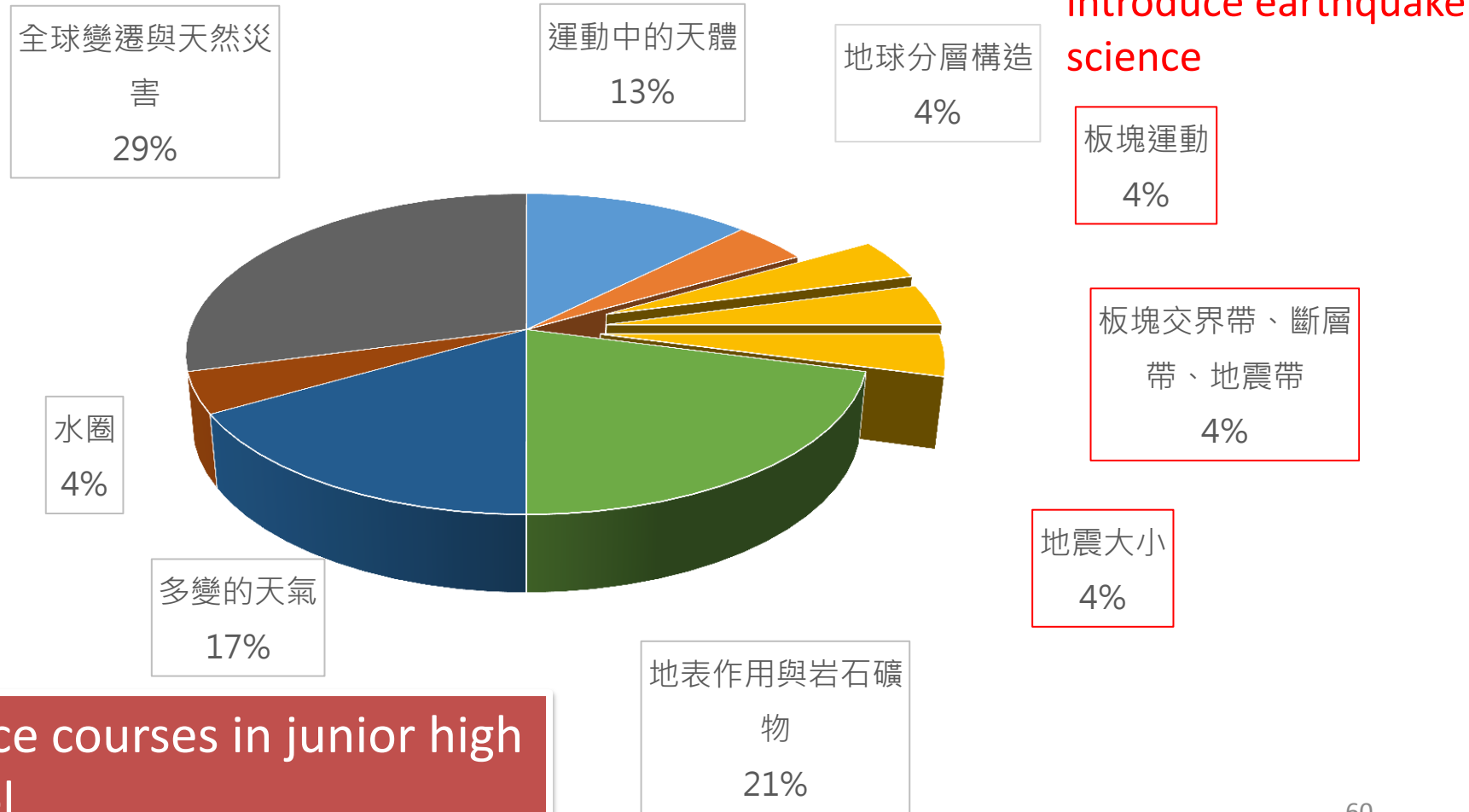
Lesson learned (志工遊戲端)

- 以大學課堂為首要測試群，進行壓力測試
- 以重點學校進行試教、培養志工
- 以QCN志工（多為高中教師）為重點教師，進行教學資源分享
- 遊戲要更簡單化、趣味化
- 遊戲中融入進階問題以培養對科學的深度認知



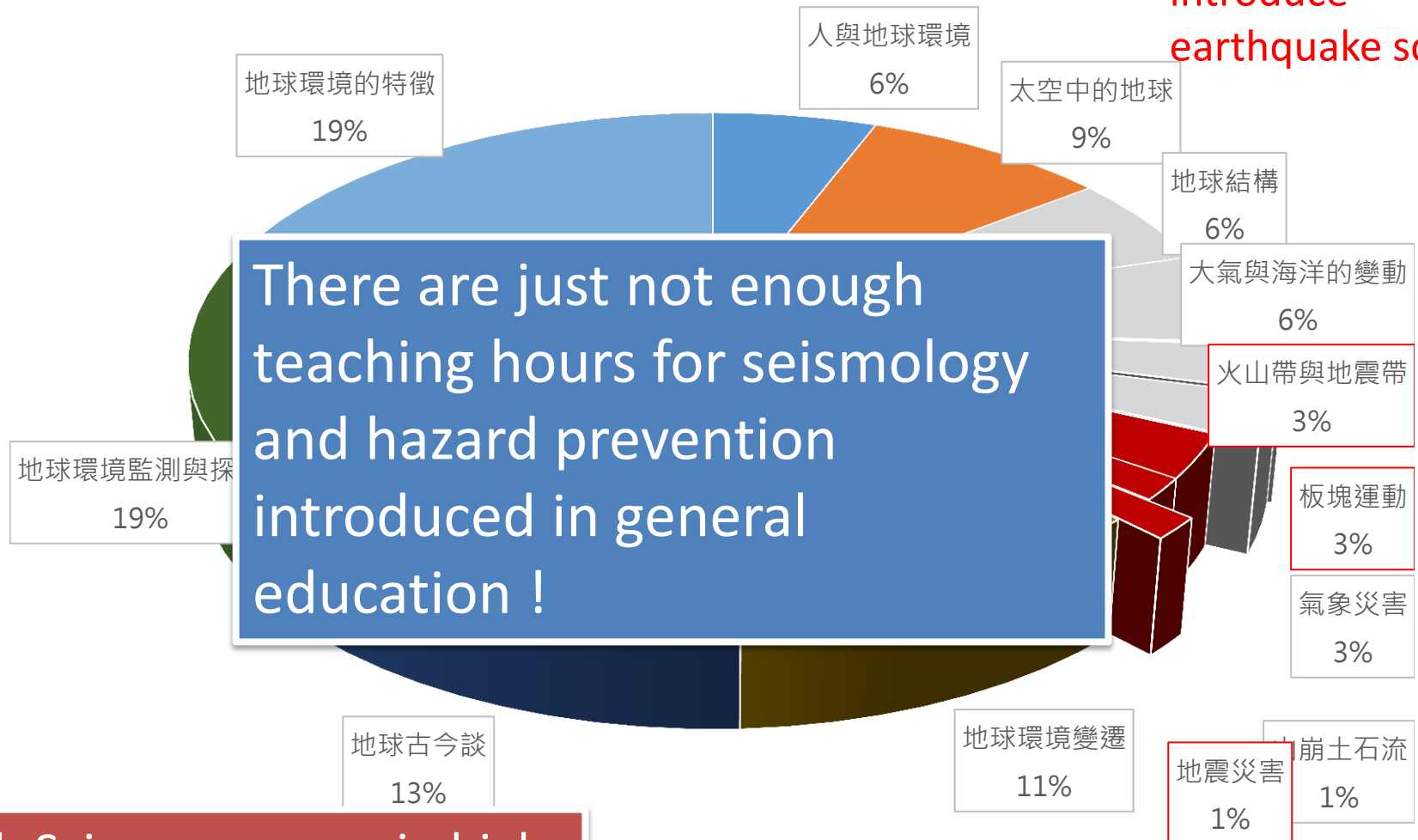
- THE END

Consolidate seismology education in Taiwan



Seismology education of high school

7% of courses
introduce
earthquake science



Earth Science courses in high school