

觀測地震學

- 根據地震波形資料來探究地震物理以及地球(行星)的內部結構
- 實作連結：
 - 全球地震波形瀏覽器 (IRIS)
 - <http://www.ds.iris.edu/gsv/>
 - 台灣地震與地球物理資料管理系統(GDMS, CWB)
 - <https://gdmsn.cwb.gov.tw/>
 - 台灣地震波形瀏覽器 (TECDC/IESDMC)
 - <http://140.109.80.59/data/waveXdist/map/>
 - SeisGram2K程式
 - http://alomax.free.fr/seisgram/ver70/SeisGram2K_install.html

大綱

觀測地震學
的應用

地震科學資
料庫

- 全球、
- 台灣

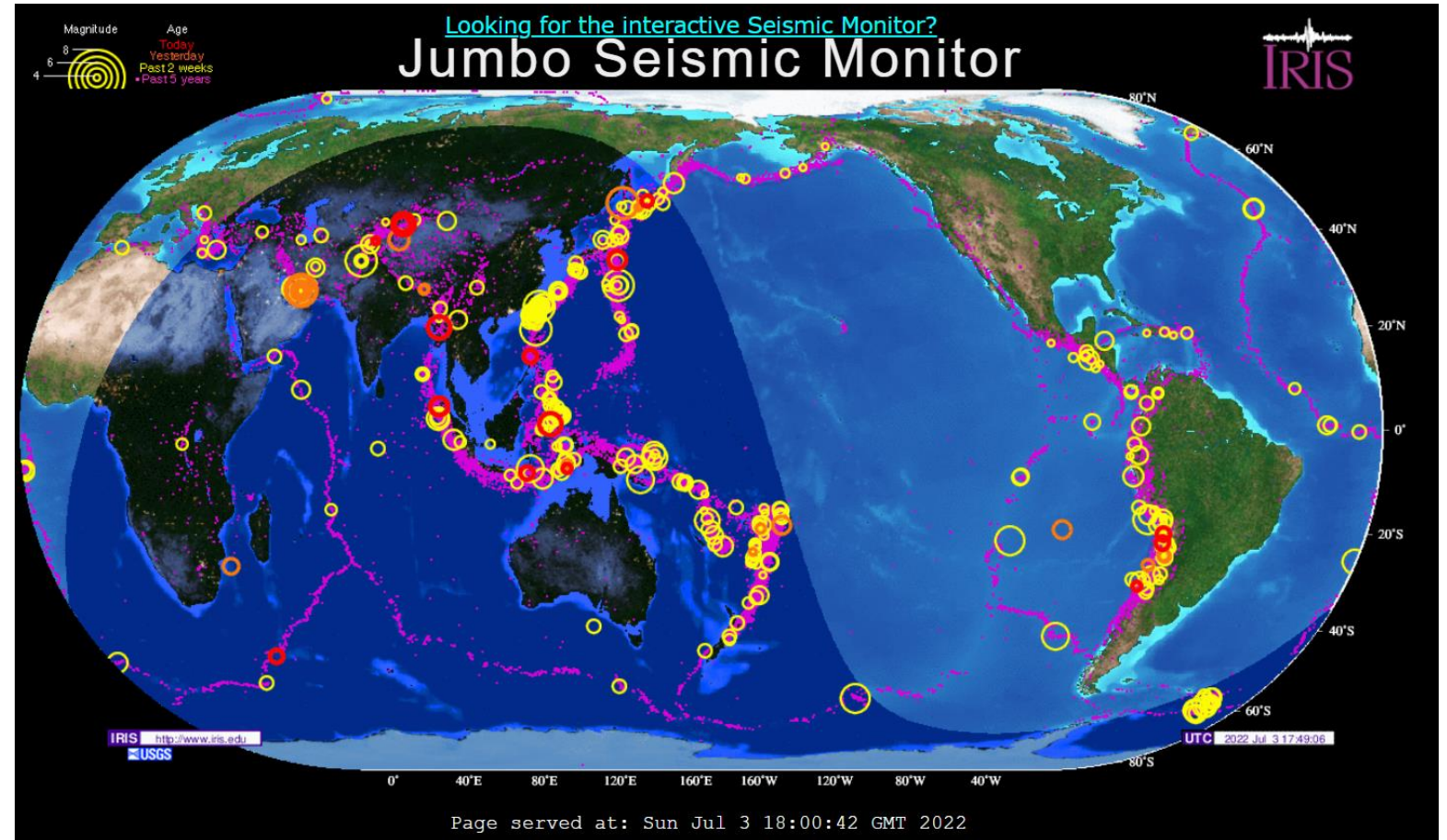
從地震波形
看地球內部
結構

Q&A

全球的地震分布

<http://ds.iris.edu/seismon/>

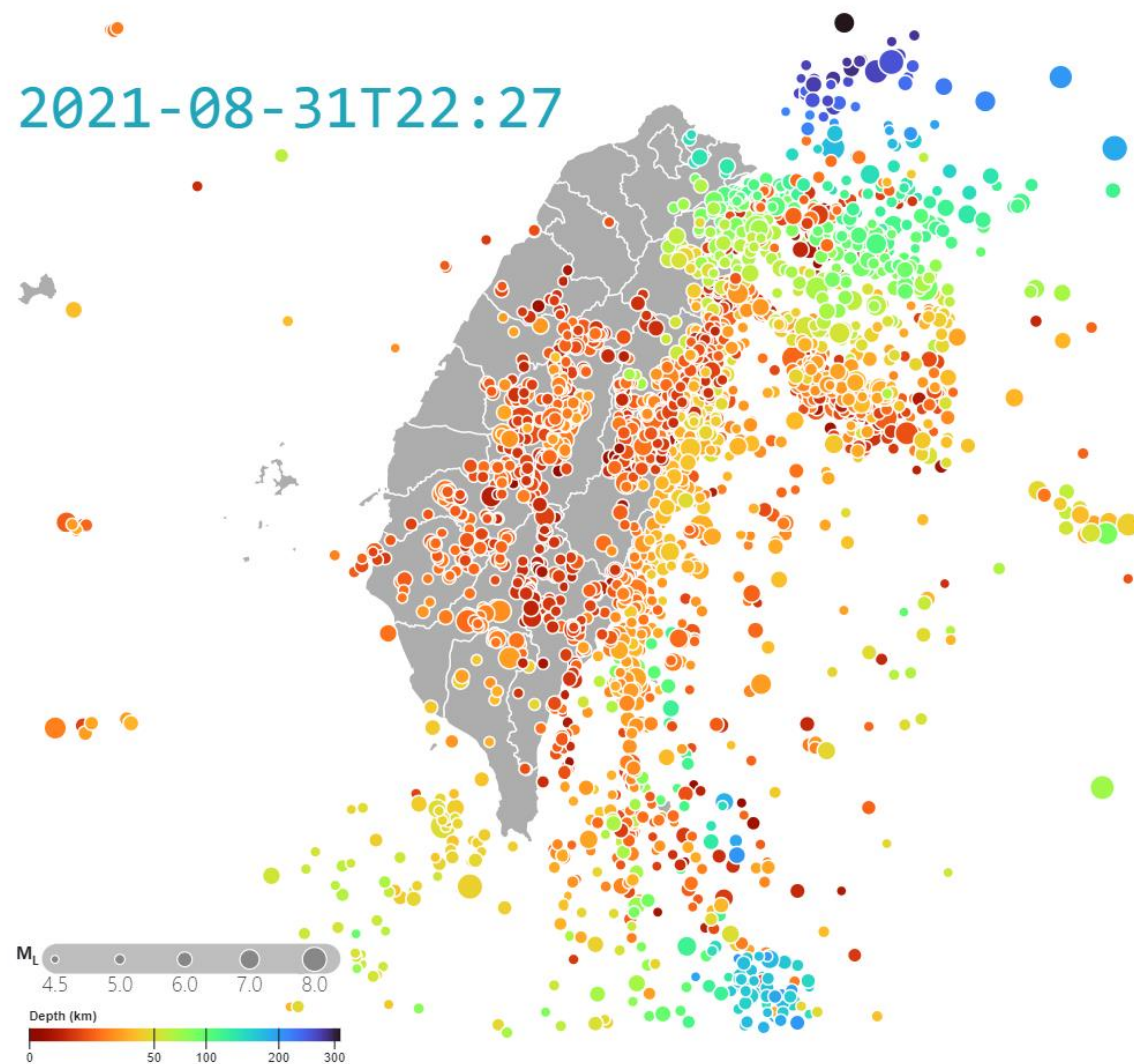
- 非隨機分布
- 板塊邊界
- 斷層錯動型態



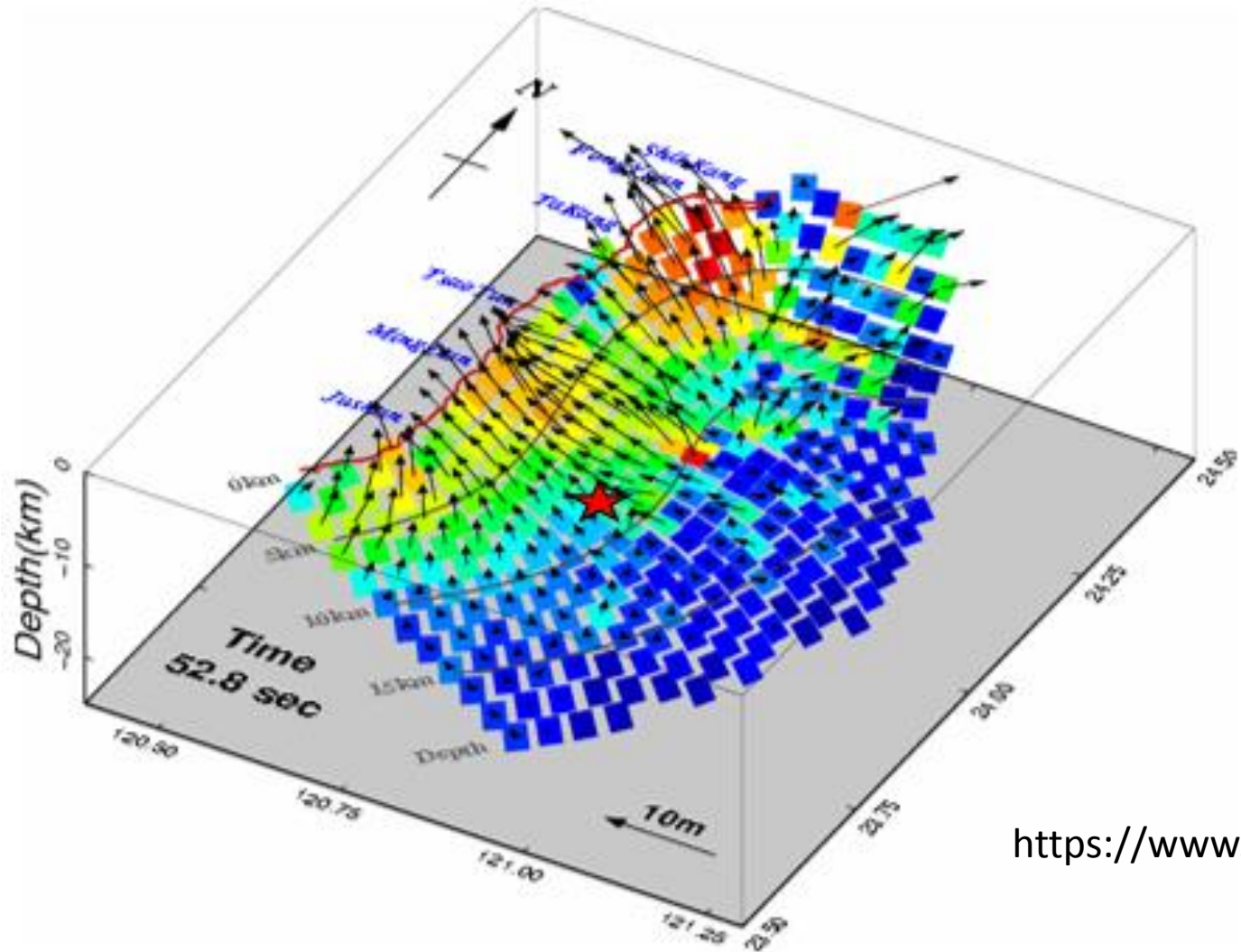
台灣的地震分布

- 地震測站**波形紀錄**
- 地震P和S波到時
- 地球(震波速度)模型
- 比較理論計算到時和觀測到時以取得最佳的發震時間及震源位置
- 發震時間、震源位置、規模、各地震度

- https://gdmsn.cwb.gov.tw/TW_seismicity/



震源物理



<https://www.earth.sinica.edu.tw/content/people/sjlee/>

2021年版台灣地震應力分布圖



Stress Map of Taiwan 2021

Editors: Oliver Heidbach¹, Wen-Tzong Liang², Sophia Morawietz¹, Kuo-Fong Ma², Sebastian von Specht²

¹ Helmholtz Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

² Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan



Knowledge of the present-day crustal stress field is a key for the understanding of geodynamic processes such as global plate tectonics and earthquakes. It is also essential for the management of geo-reservoirs and underground storage sites. Since 1986, the World Stress Map (WSM) project has systematically compiled the orientation of maximum horizontal stress (S_{Hmax}). It is a collaborative project between academia and industry that aims to characterize the stress pattern and to understand the stress sources and it is maintained at the German Research Centre for Geosciences GFZ. All stress information is analysed and compiled in a standardized format and quality-ranked for reliability and comparability on a global scale. Further information on the WSM project, its services and software are available on the project website at <http://www.world-stress-map.org>. The stress map of Taiwan 2021 is based on the WSM database release 2016. However, all data records have been checked

and we added a large number of new data from earthquake focal mechanisms from the national earthquake catalog and from publications. The total number of data records is increased from $n=401$ in the WSM 2016 to $n=6,498$ (4,234 with A-C quality) in the Taiwan stress map 2021. The update with earthquake focal mechanisms is even larger since another 1313 earthquake focal mechanisms data records beyond the scale of this map have been added to the WSM database. The digital version of the stress map is a layered pdf generated with GMT (Wessel et al., 2019). It also provides estimates of the mean S_{Hmax} orientation on a regular 0.1° grid using the tool stress2grid (Ziegler and Heidbach, 2019). Two mean S_{Hmax} orientations are estimated with search radii of $r=25$ and 50 km, respectively, and with weights according to distance and data quality. The stress map and data are available on the landing page at <http://doi.org/10.5880/WSM.Taiwan2021> where further information is provided.

Stress map displays the orientation of maximum horizontal compressional stress S_{Hmax}

Method	Quality	Stress Regime
focal mechanism	A — S_{Hmax} is within $\pm 15^\circ$	Normal faulting
borehole breakouts	B — S_{Hmax} is within $\pm 20^\circ$	Strike-slip faulting
drill. induced frac.	C — S_{Hmax} is within $\pm 25^\circ$	Thrust faulting
overcoring	D — S_{Hmax} is within $\pm 40^\circ$	Unknown regime
hydro. fractures		
geol. indicators		
Data depth range 0-40 km		
WSM WORLD STRESS MAP		

Stress Regime	Stress State
normal faulting regime (NF)	$S_v > S_{Hmax} > S_{Hmin}$
strike-slip regime (SS)	$S_{Hmax} > S_v > S_{Hmin}$
thrust faulting regime (TF)	$S_{Hmax} > S_{Hmin} > S_v$

Key references

- Heidbach, O., Rajabi, M., Cui, X., Fuchs, K., Müller, B., Reinecker, J., Reiter, K., Tingay, M., Wenzel, F., Xie, F., Ziegler, M.O., Zoback, M.-L. and Zoback, M.D. (2018): The World Stress Map database release 2016: Crustal stress pattern across scales. *Tectonophysics*, 744, 484-498, <http://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.07.007>
- Heidbach, O., Rajabi, M., Reiter, K., Ziegler, M.O. and the WSM Team (2016): World Stress Map Database Release 2016, GFZ Data Services, <http://doi.org/10.5880/WSM.2016.001>
- Pei-Ru, J., Tai-Lin, T., Wen-Tzong, L., Ping-Han, H. (2018): A New Automatic Full-Waveform Regional Moment Tensor Inversion Algorithm and Its Applications in the Taiwan Area. *Bull. Seism. Soc. Am.* 108(2), 573-587, <http://doi.org/10.1785/0120170231>
- Suppe, J., Hu, C. and Chen, Y. (1985): Present day stress directions in western Taiwan inferred from borehole elongation. *Petroleum Geology of Taiwan*, 21, 1-12.
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D. (2019): The Generic Mapping Tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 5556-5564. <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>
- Wu, Y.-M., Zhao, L., Chang, C.-H. and Hsu, Y.-J. (2008): Focal-Mechanism Determination in Taiwan by Genetic Algorithm. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98(2), 651-661, <http://doi.org/10.1785/0120070115>
- Ziegler, M. O. and Heidbach, O. (2019): Manual of the Matlab script Stress2Grid v1.1. WSM Technical Report 19-02, GFZ German Research Centre for Geosciences, <http://doi.org/10.2312/wsm.2019.002>

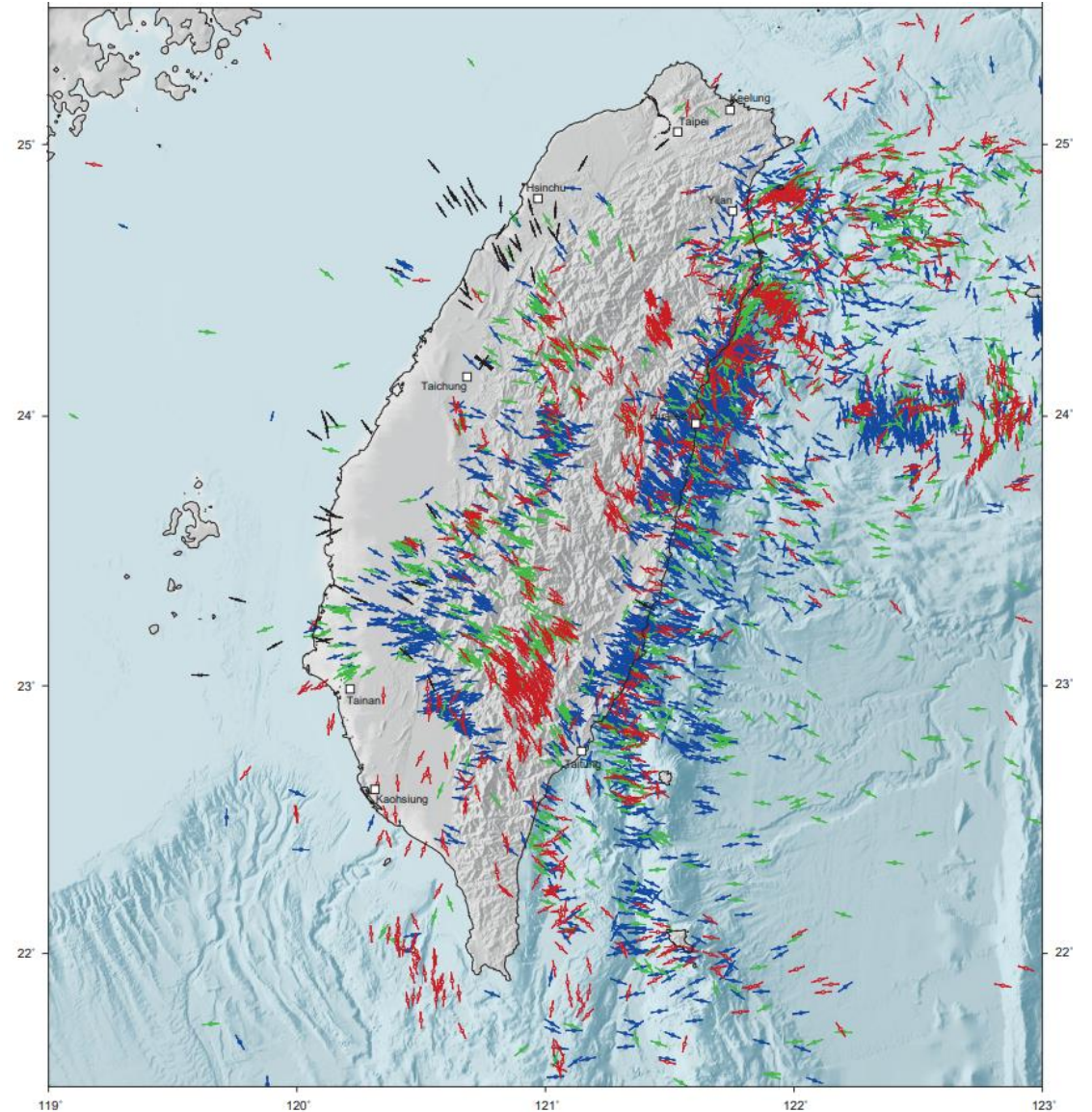
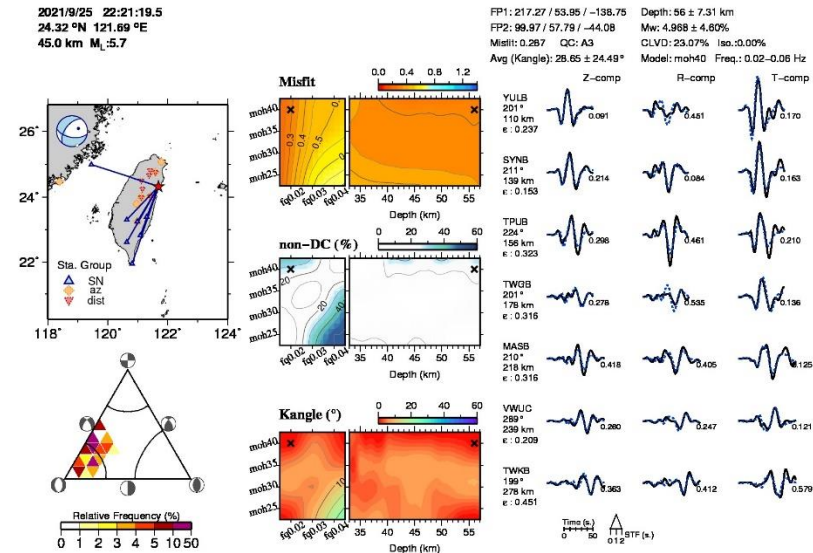
Citation of this map

Heidbach, O., Liang, W.-T., Morawietz, S., Ma, K.-F., von Specht, S. (2021): Stress Map of Taiwan 2021, GFZ Data Services, <http://doi.org/10.5880/WSM.Taiwan2021>

水平地震應力

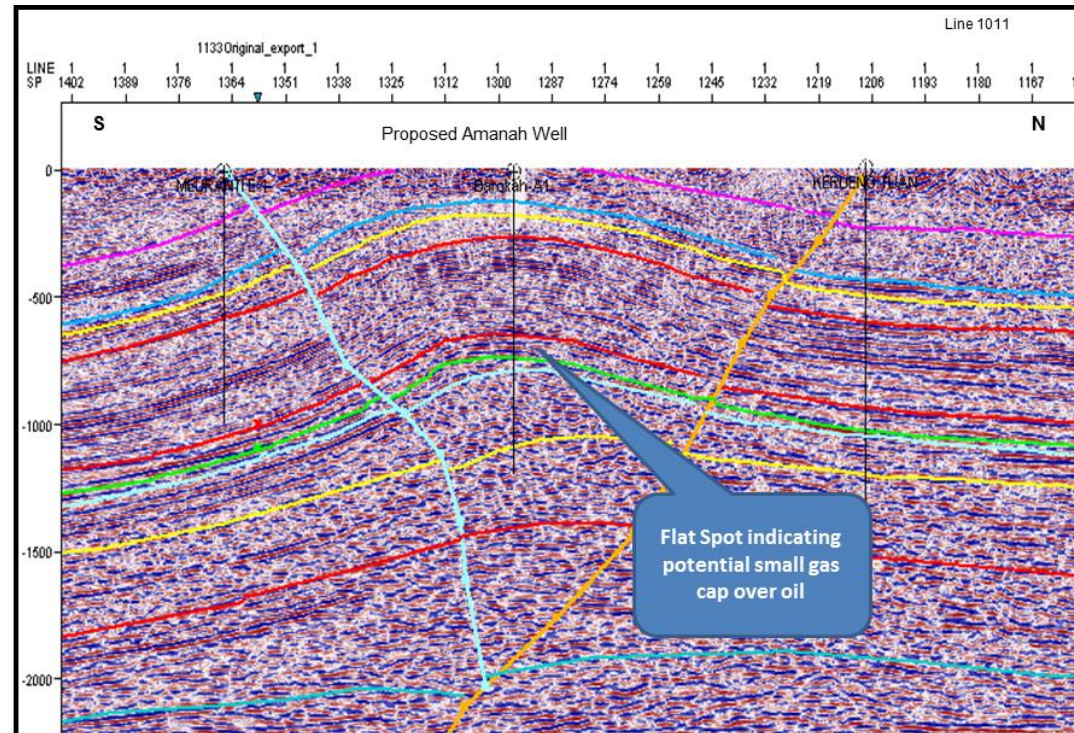
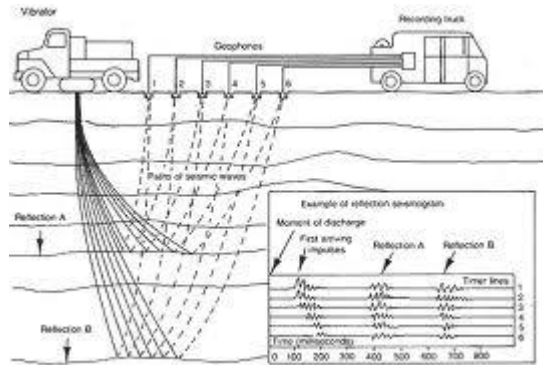
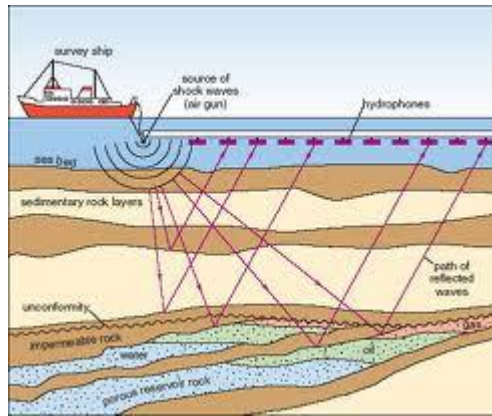
震源機制解

- 根據地震學的斷層面錯動理論，計算理論波形
- 與台灣寬頻地震觀測網的**地震波形紀錄**比較，以決定最佳的斷層面幾何形貌與錯動方式

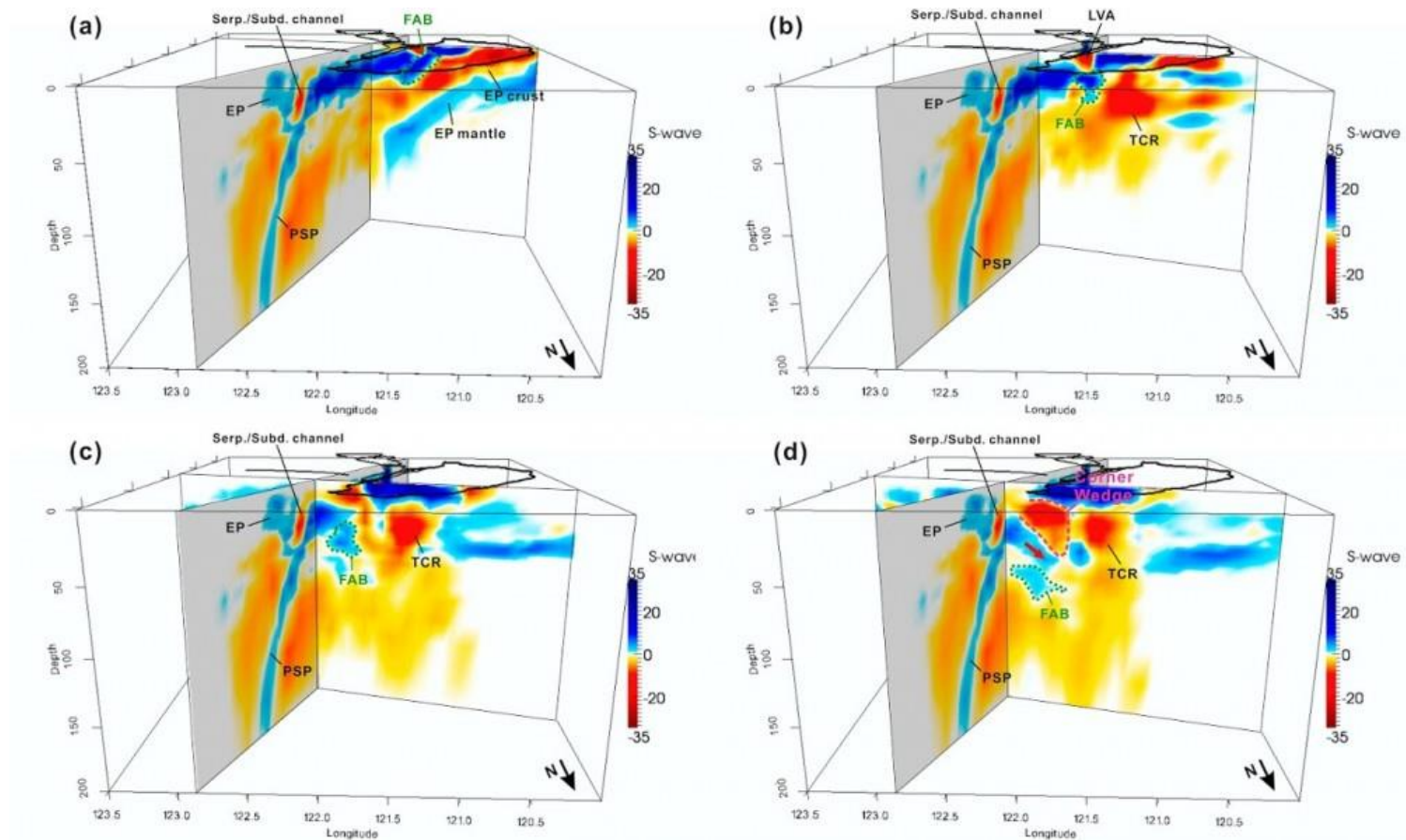


資源探勘

主動式震源反射/折射震測

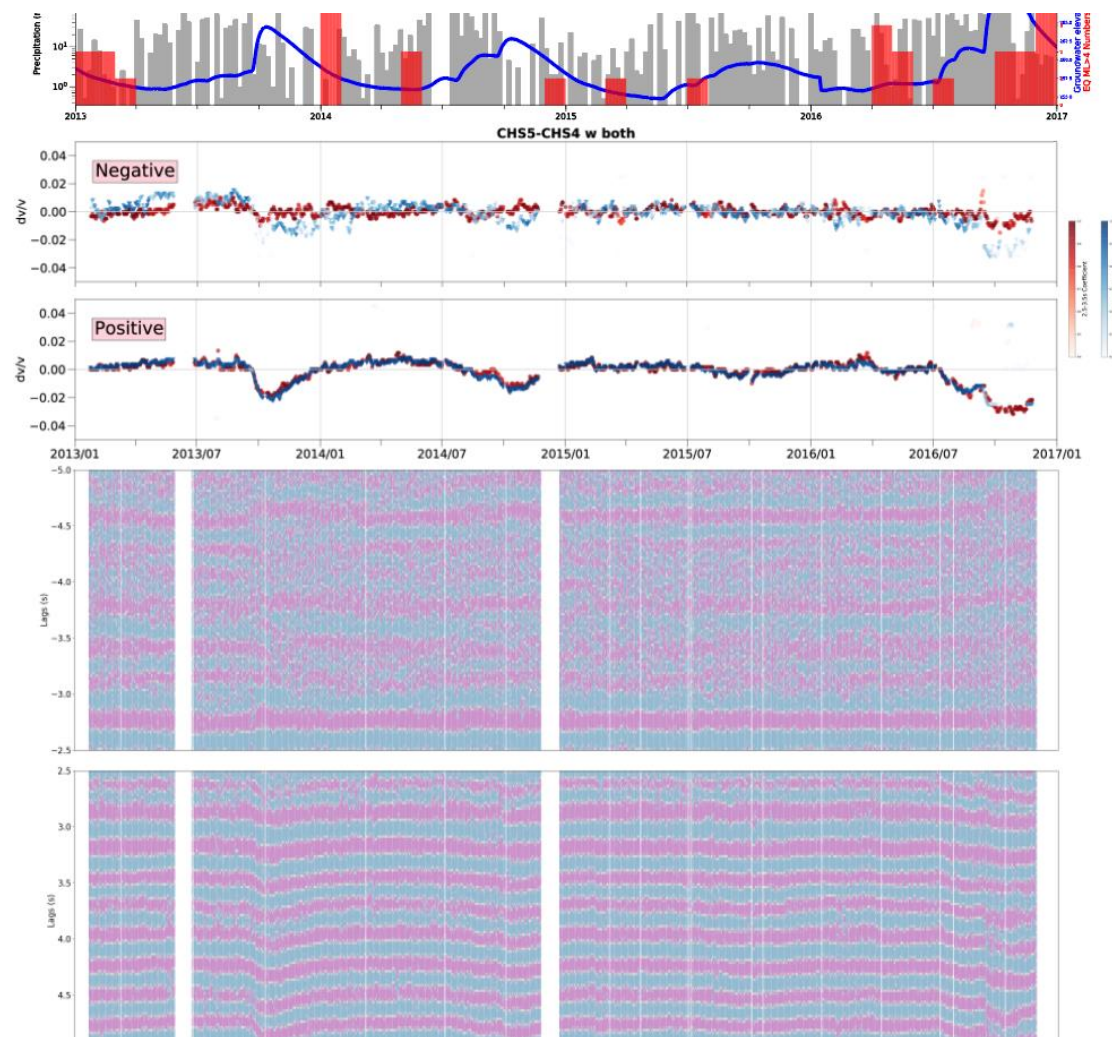


地球內部結構

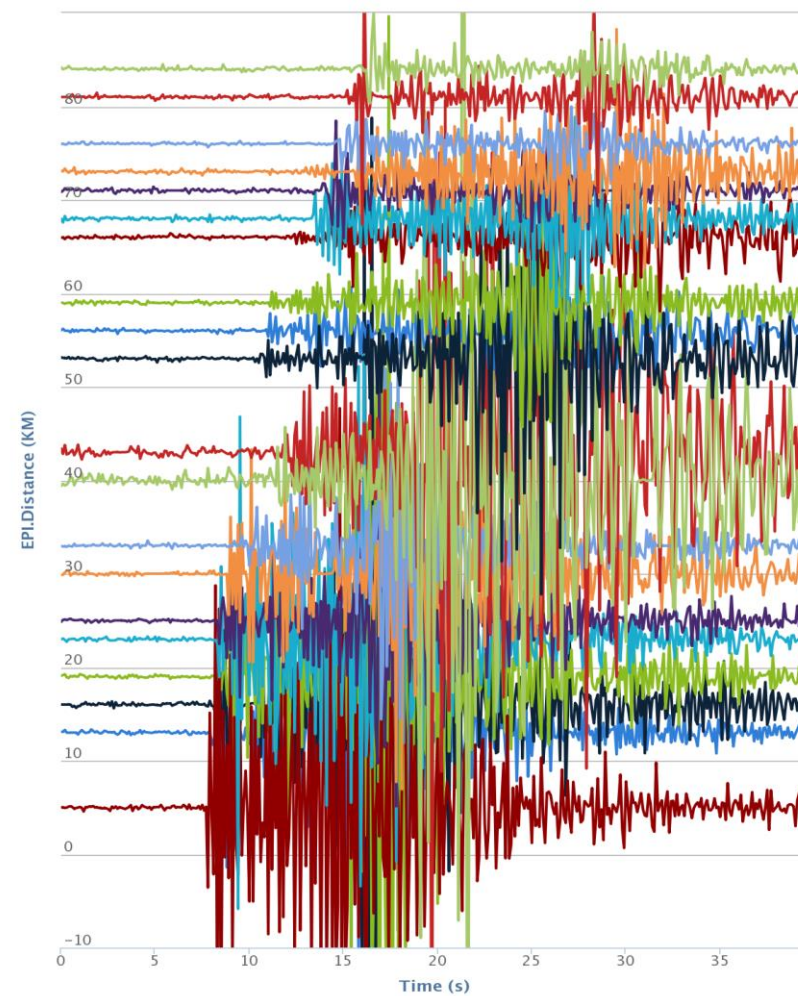
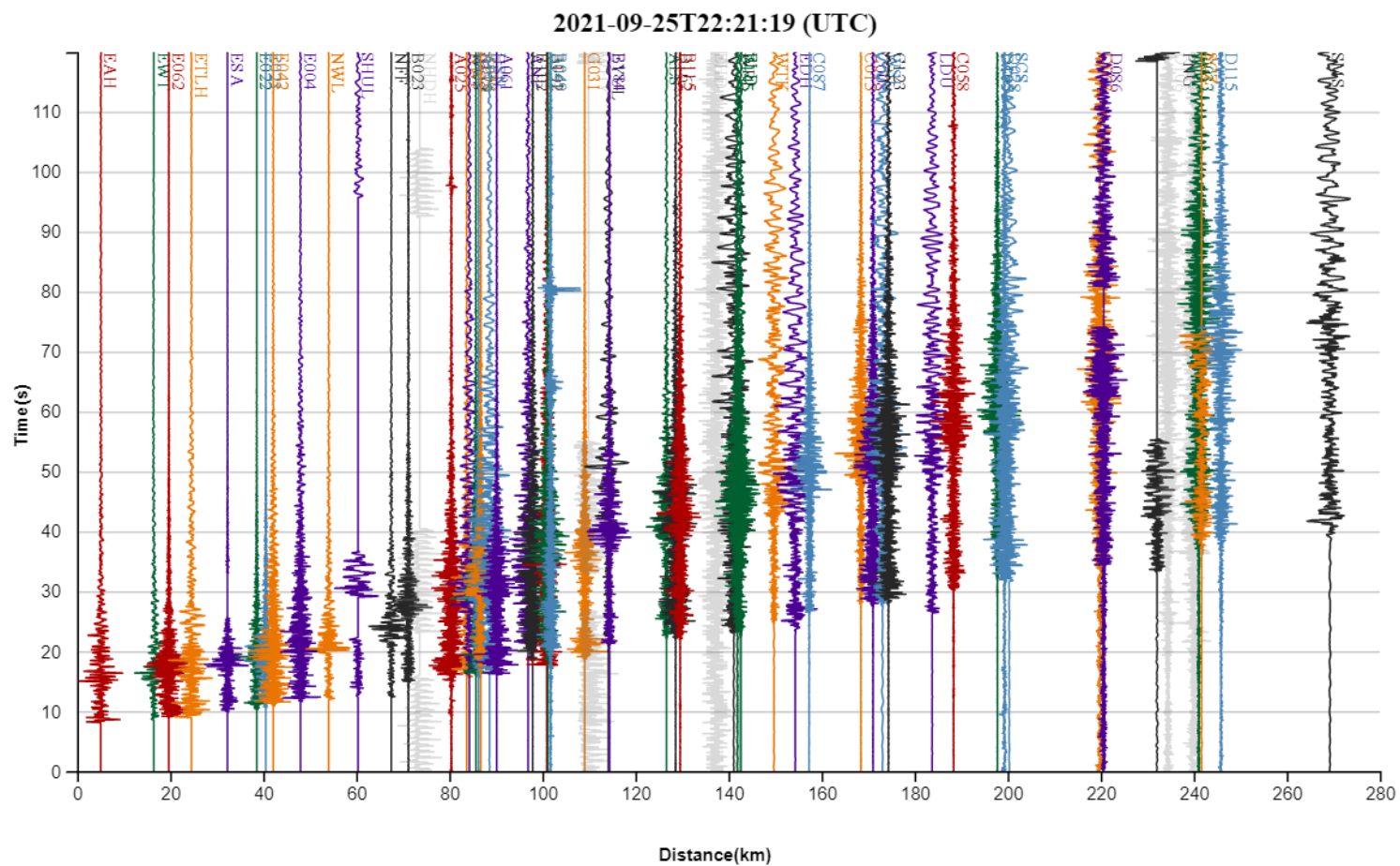


環境監測

- 地下水位會影響地震波的傳遞速度。
- 換言之，利用地震波速的變化可以監測地下水位的高低，甚至量化地下水的儲水量估算
- 其他例如火山活動、山崩潛勢、地殼的應力變化等等



基礎資料：地震波形



地震波形

- Seismic waveform, seismogram
- 由**現代地震測站**所記錄下來的地動訊號
 - 現代地震儀、標準時間(**GPS/網路校時**)、記錄器(圖形或數位紀錄)
- **短周期地震儀(速度)**、**寬頻地震儀(速度)**、**強地動地震儀(加速度 / 速度)**、傾斜儀、旋轉地震儀、其他
- 地震波形反映**震源效應**、**路徑效應**、**場址效應**、**儀器響應**的總和效果
- 波形資料格式：
 - ASCII(純文字)、SAC、SEED

網路地震資料服務系統

- Geophysical Data Management System (GDMS) [CWB/IES]
地震與地球物理資料管理系統
- P-Alert Strong Motion Network [NTU/IES]
P波警報器強震網
- Broadband Array in Taiwan for Seismology (BATS) [IES]
台灣寬頻地震觀測網

地震與地球物理資料管理系統

Seismological and Geophysical Data Management System (GDMS)

<https://gdmsn.cwb.gov.tw>

 GDMS-2020

網站導覽 | [A](#) [A](#) [A](#) | [English](#)

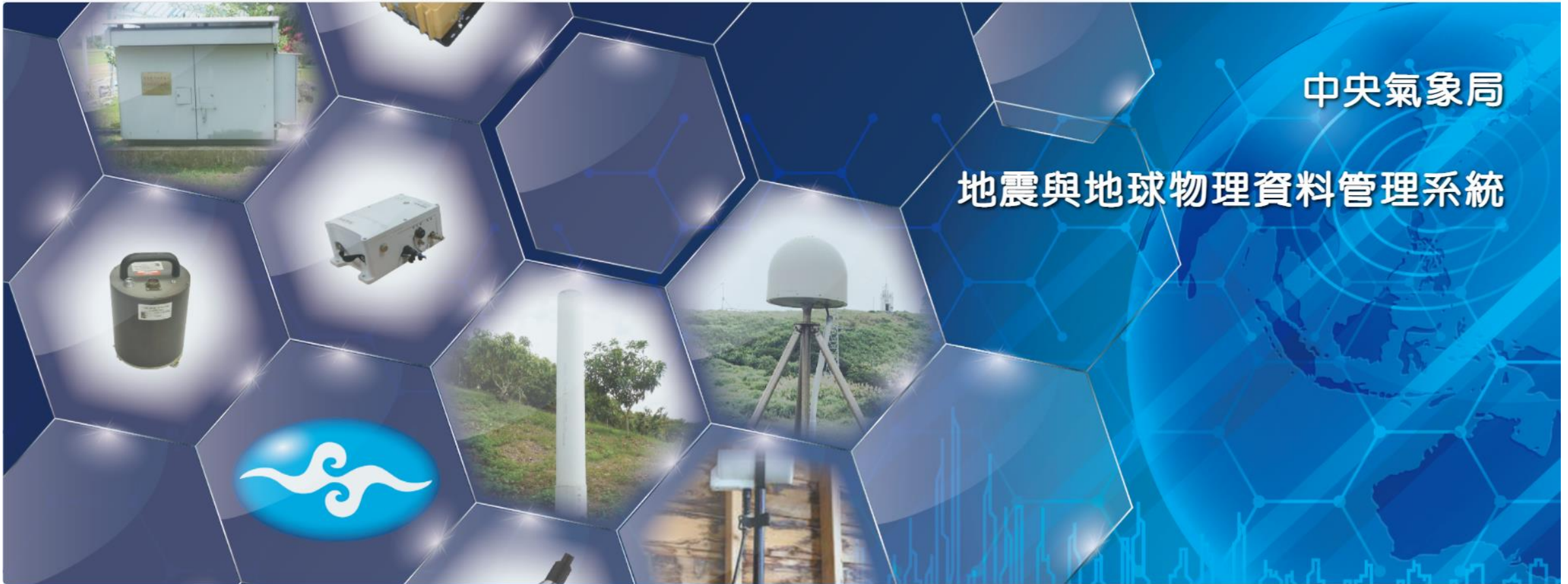
[經 Google 技術強化](#)



[登入](#)

中央氣象局

地震與地球物理資料管理系統



首頁



測網介紹



測站查詢



資料下載



教育推廣



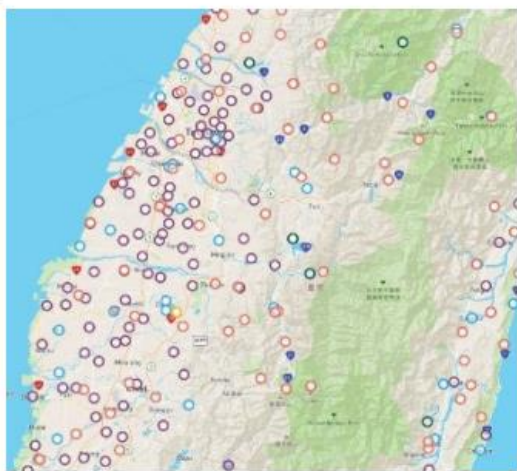
使用說明



相關連結

地震與地球物理資料管理系統

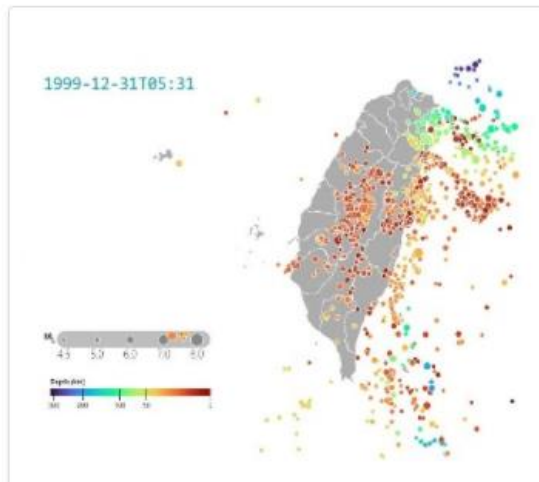
2020年版的臺灣地震與地球物理資料管理系統(GDMS-2020)是由中央氣象局與中央研究院地球科學所共同合作開發，於2020年年底正式推出對外開放測試。這個網路服務系統不僅採用了國際間標準的資料交換格式，並且透過全自動化的資料處理模組快速將高品質的地震與地球物理觀測資料呈現在使用者面前，目前開放的地震資料包括中央氣象局地震觀測網(CWBSN, 2018-01-01~)和臺灣強地動觀測網(TSMIP, 2020-12-01~)的波形及其對應的儀器響應，以及2018-01-01之後氣象局所偵測到的地震目錄；而由臺灣地球物理觀測網(TGNS)所記錄的資料則有全球導航衛星系統(GNSS)、地下水水位(GW)和地球磁場(MAGNET)等資料，由這些資料所產出的成果或產品也會陸續在教育與推廣裡推出。相信這個資料服務平台能帶來全新的體驗，歡迎各位使用與指教，來信請寄 gdms@cwbc.gov.tw。



測站資訊

氣象局地震中心開放資料的所有觀測網可以透過縮放地圖及列表頂端的搜尋範圍查詢測站，點選表內或圖上的個別測站，可進一步取得詳細的測站資訊

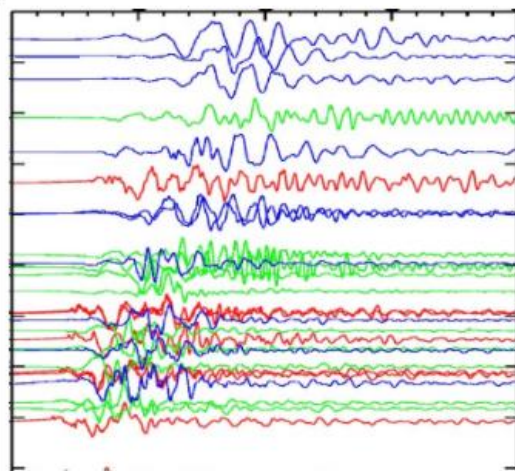
[更多資訊](#)



地震分布

這個動畫展示1990年後規模大於4.5的地震的時空分布，顏色表現震源深度，圓形的直徑與規模正相關，使用者可自行調整播放速度和播放進度

[更多資訊](#)



波形資料

同時索取單一地震的多個測站波形資料，可以從資料下載的多站波形資料介面取得。此圖是相對於2018花蓮地震不同方位(北/西/南:紅/綠/藍)的測站紀錄

[更多資訊](#)

GDMS 主要功能

觀測網

- CBWSN [弱震]
- TSMIP [強震]
- GNSS [衛星地位]
- GW [地下水位]
- MAGNET [地磁]

測站查詢

- 位置
- 運轉歷史
- 可用資料
- 儀器參數
- 參考照片

資料下載

- 原始數據
- 儀器參數
- 波形圖

地震科普

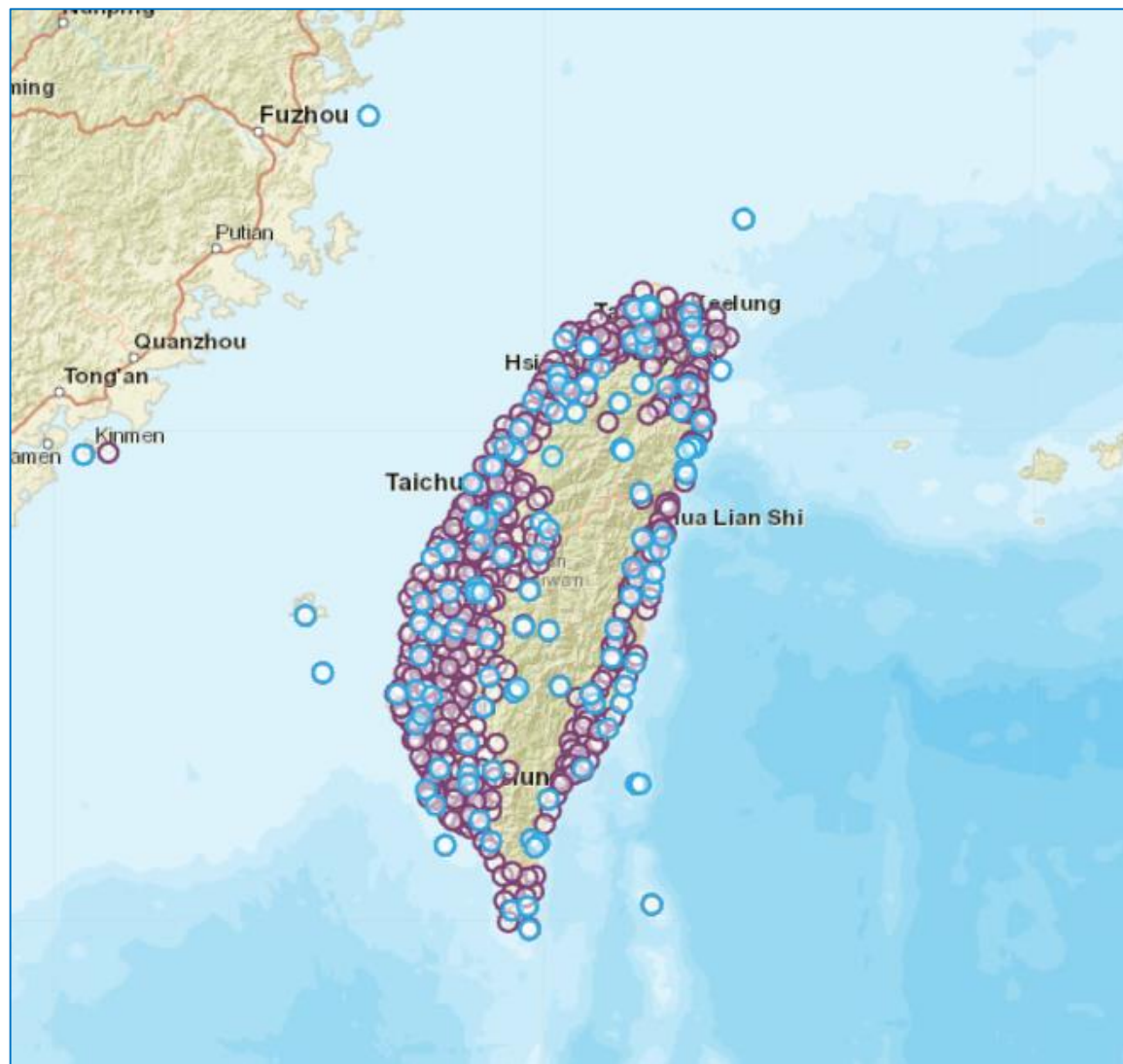
- 氣象局數位科普網
- 地震百問
- 台灣的地震特性
- 地震看的見

地震觀測網

- 中央氣象局
- 中央研究院地球科學研究所
- 國家地震工程研究中心

- 各大學

- 其他



線上資料索取

GDS-2020

網站導覽 | A A A | English

Google 技術強化

Wen-Tzong Liang 登出



首頁



測網介紹



測站查詢



資料下載



教育推廣



使用說明



相關連結



我的帳戶

地震資料

多站波形資料

連續波形資料

多筆事件波形資料

地震波形繪圖

儀器響應資料

地震目錄

地球物理資料

地球物理資料



gdmsn.cwb.gov.tw

Taiwan Seismological and Geophysical Data Management System

GDS-2020

網站導覽 | A A A | English

Google 技術強化

Wen-Tzong Liang 登出



首頁



測網介紹



測站查詢



資料下載



教育推廣



使用說明



相關連結



我的帳戶

地震波形繪圖

地震波形繪圖，單測站單位位置不得超過1天。

*必填

測網*

TSMIP

測站*

A002

位置?*

10

分量?*

HL?

起始時間 (UTC) *

2021-09-25T22:21:19

結束時間 (UTC) *

2021-09-25T22:24:19

送出



我的帳戶

- 自己的資料自己管理
- 追蹤進度
- 避免重複索取
- 歷史記錄

GDMS-2020 網站導覽 | A A A | English 搜尋 Google 技術強化 Wen-Tzong Liang 登出

首頁 測網介紹 測站查詢 資料下載 教育推廣 使用說明 相關連結 我的帳戶

繼續索取

Multi-station 連續波形 Multi-event 波形繪圖 儀器響應 地物

Reload 更新時間：2021/9/30 下午6:18:46

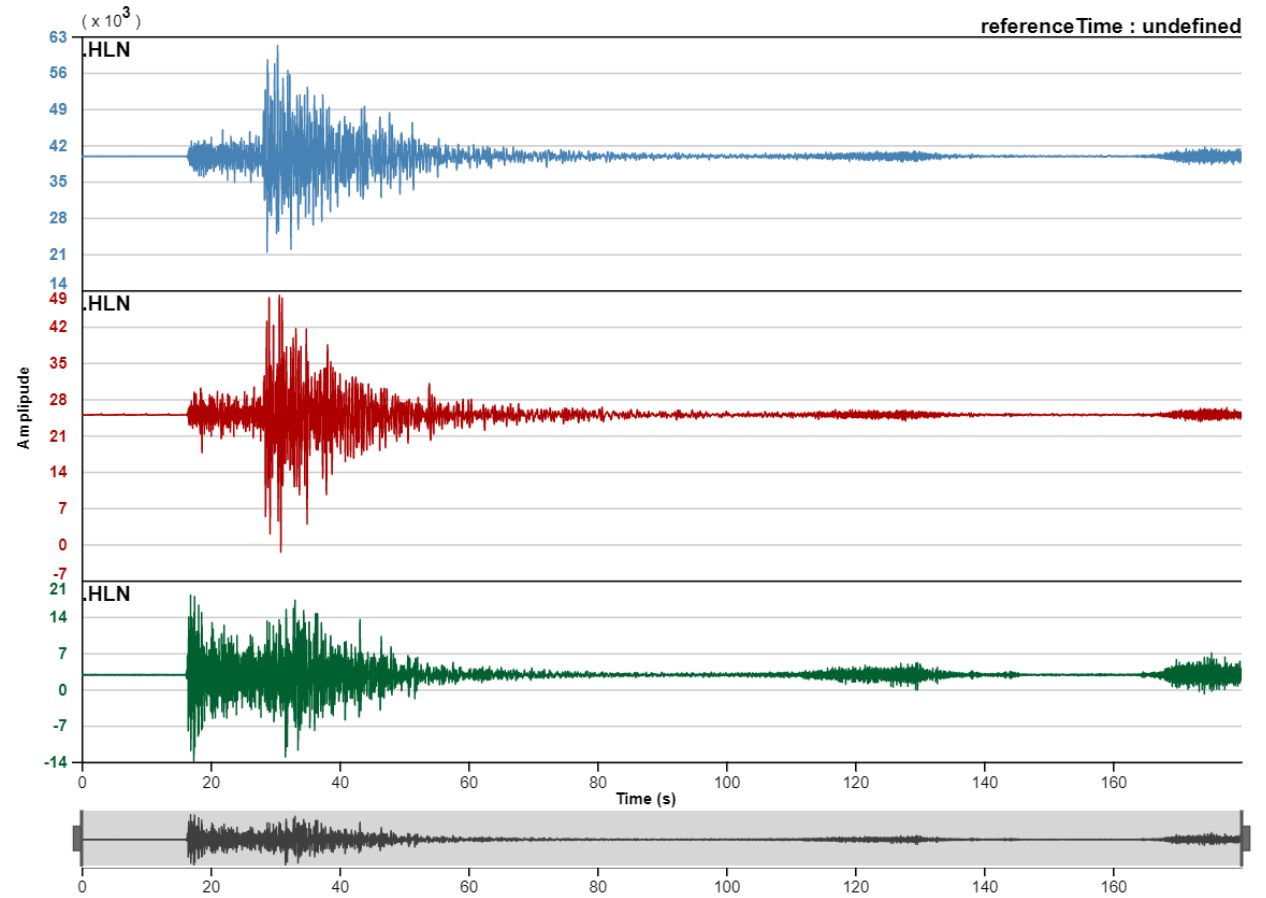
資料類型	索取時間 (UTC+8)	索取內容	下載檔案?
地震 (繪圖)	2021-09-30 18:13:53	內容	Show Plot
預造地震資料	2021-09-30 12:20:16	內容	已刪除
地震 (儀器響應檔)	2021-08-24 23:10:03	內容	已刪除
地震 (GMT 畫圖)	2021-06-08 00:19:37	內容	已刪除
地磁	2021-05-25 11:37:58	內容	已刪除
地震 (儀器響應檔)	2021-04-20 17:02:52	內容	無資料
地震 (GMT 畫圖)	2021-02-16 00:56:28	內容	已刪除

地震波形繪圖

- 原始數據 (整數值)
- 儀器參數
 - TSMIP/A002
 - 3.2E-04 cm/s/s/count
- 物理量為加速度
- 請粗估這個測站的震度為幾級？

新制地震震度分級表(109年1月1日起)

震度	0級	1級	2級	3級	4級	5弱	5強	6弱	6強	7級
地動 加速度 cm/sec ²		0.8	2.5	8.0	25	80				
地動 速度 cm/sec						15	30	50	80	140



P波警報器強震網

P-Alert Strong Motion Network

<https://palert.earth.sinica.edu.tw>

P-Alert Strong Motion Network

🏠 中文 | En

簡介 ▾ 線上展示 ▾ 測站分佈 ▾ 團隊成員 ▾ 事件波形資料庫 ▾ 國際合作教育訓練 ▾ 出版品 ▾ 連結 ▾

P波警報器強震網

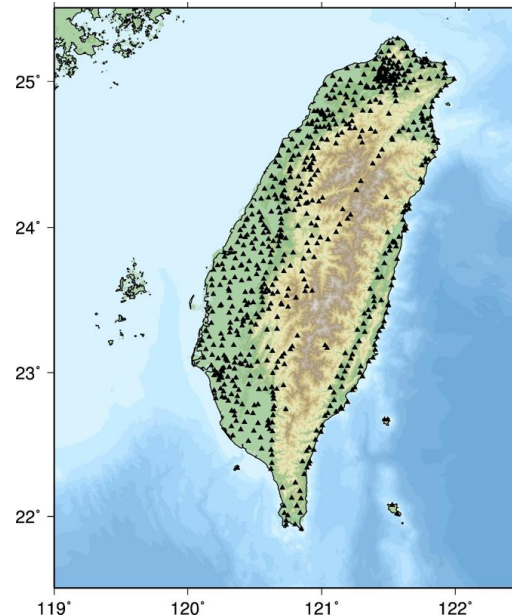
安裝在中小學及數個學術單位內，作為地震預警及研究用途

測站分佈



Facts of P-Alert Strong Motion Network

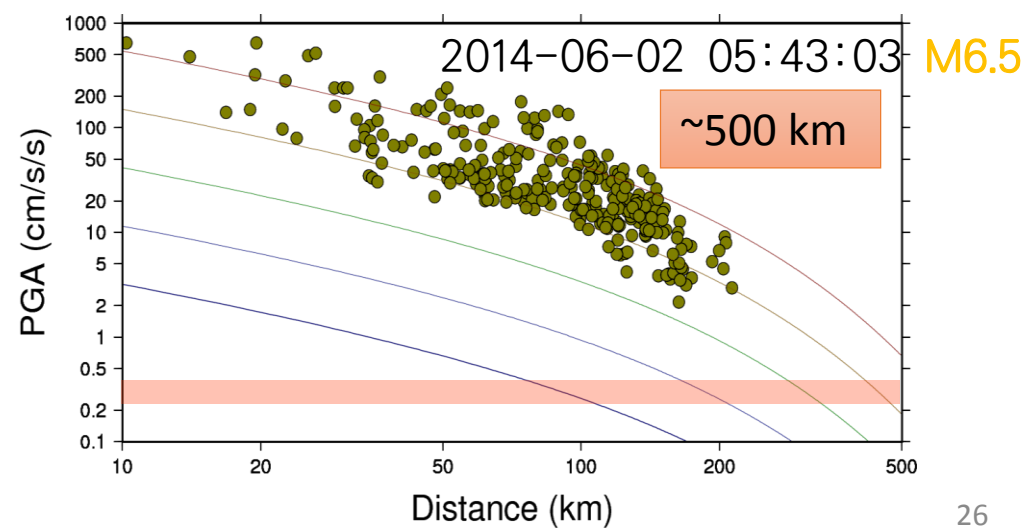
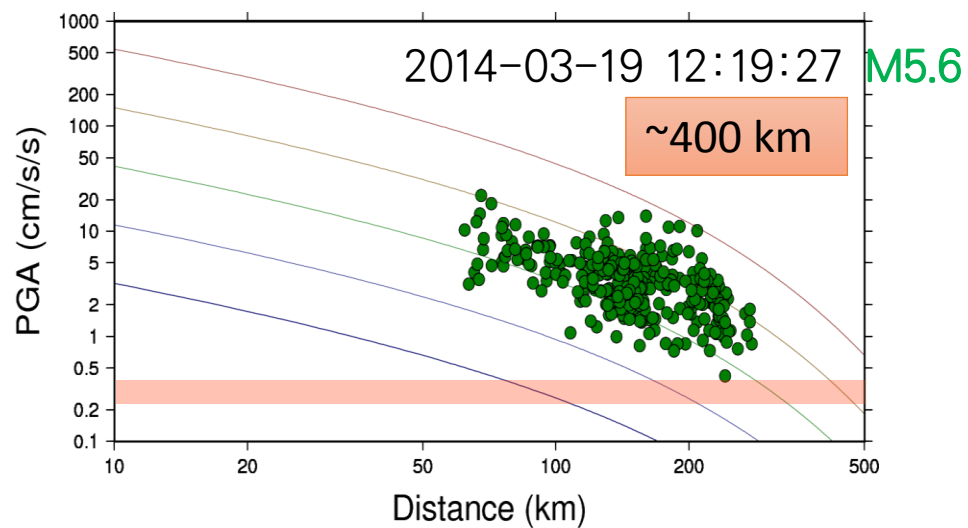
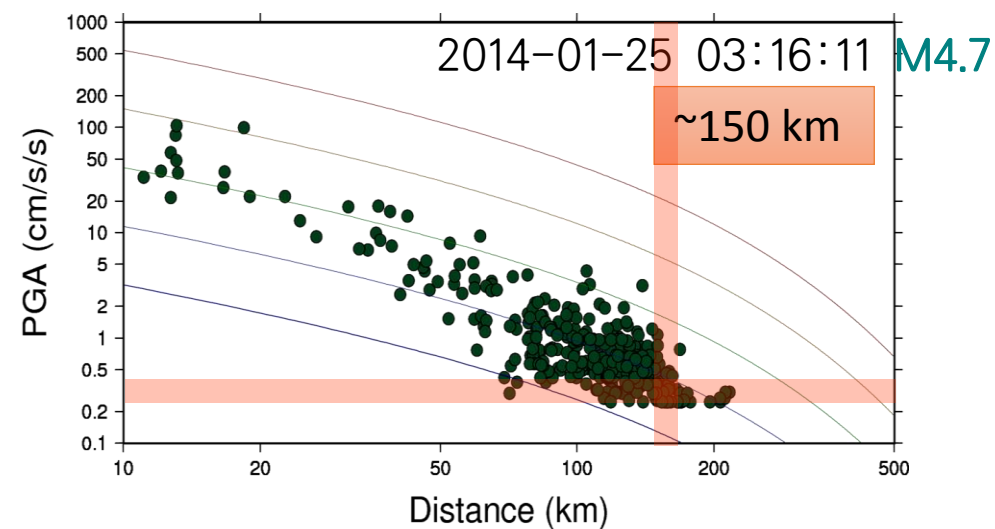
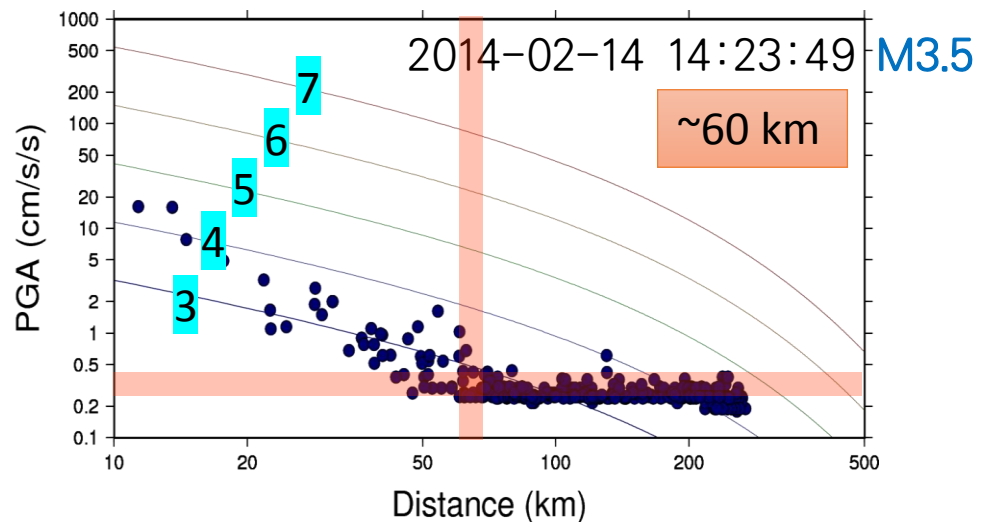
- Equipped with **~760** low-cost MEMS devices (*Palert*) installed mostly in ***elementary schools***
- 16-bit, +/- 2g accelerometer
- 0.1 gal in precision, ~0.3 gal self noise level
- Signals are representable in a frequency band of “0.1-10 Hz”
- ***Earthworm*** software as the data acquisition system
- Internet NTP synchronization
- Onsite EEW vs. Regional EEW
- Real-time ***observed*** shakemap
- PGA attenuation relationship
- **Scientific and Educational applications**



Palert device and Prof. Yih-Min Wu



P-Alert 最大地表加速度(PGA)振幅衰減

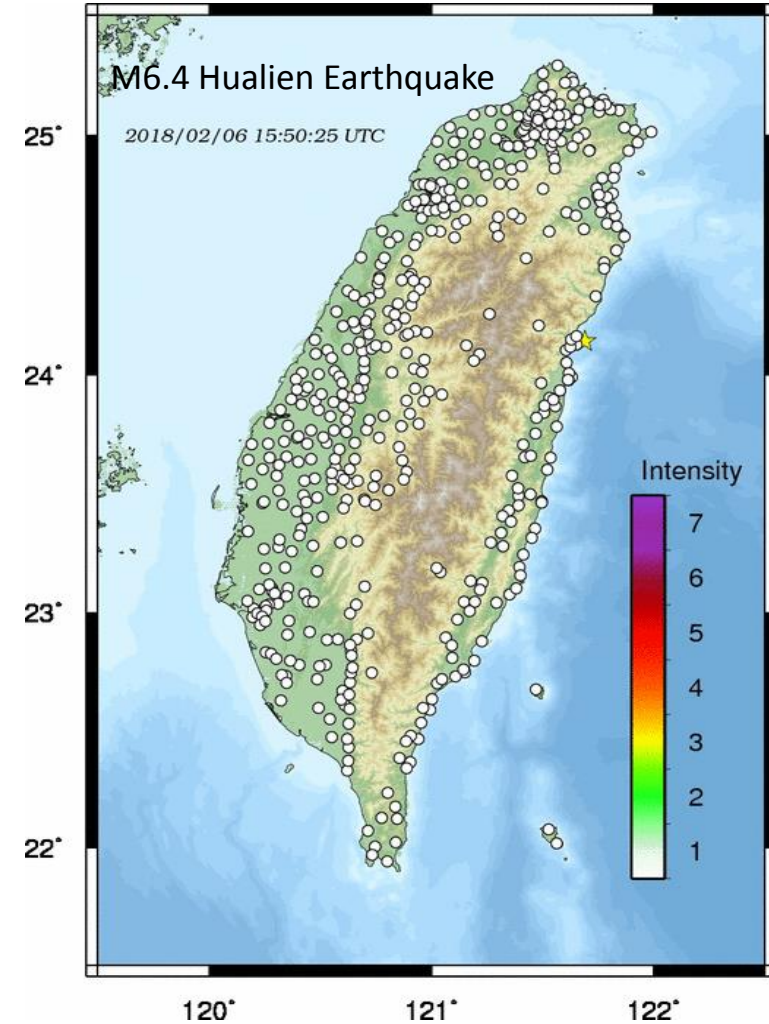
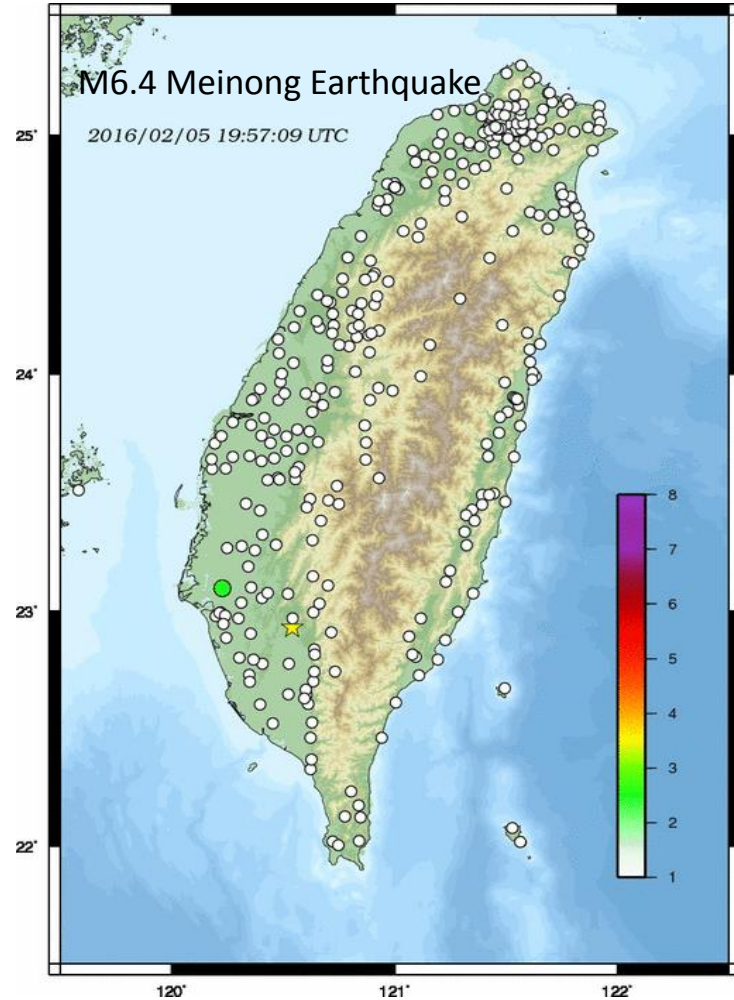


決定規模的學習重點

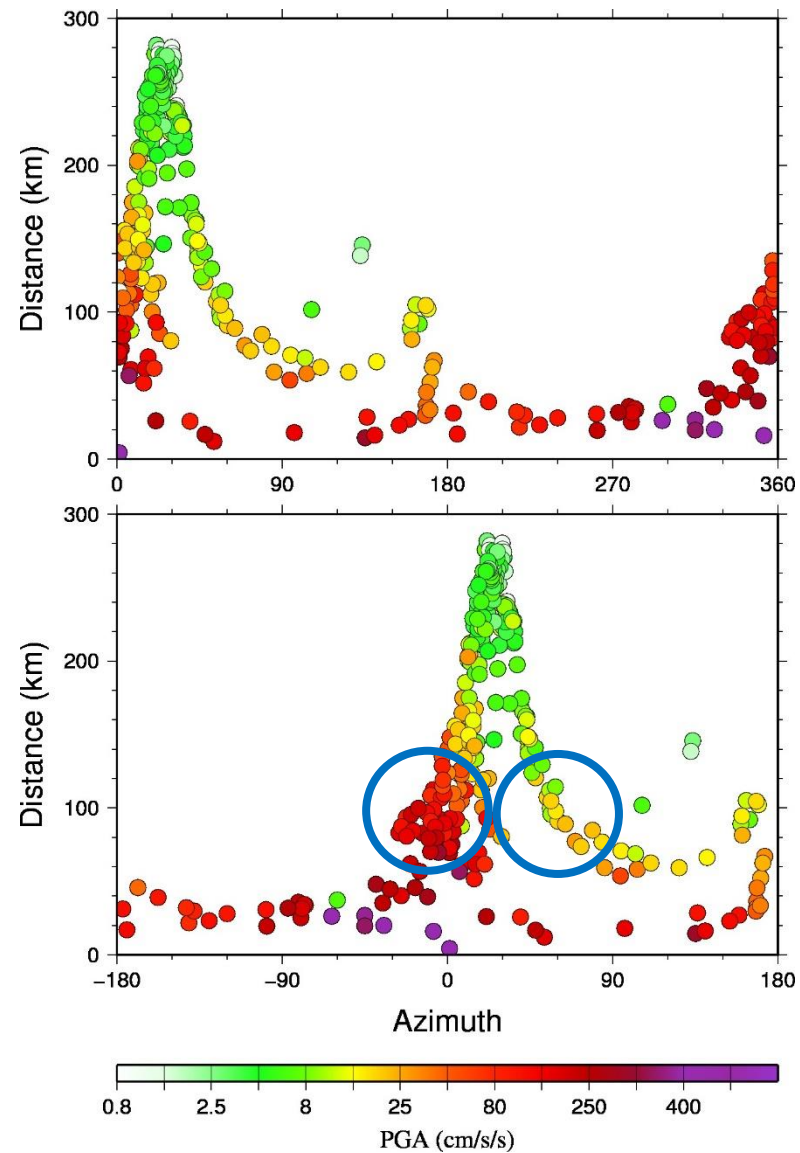
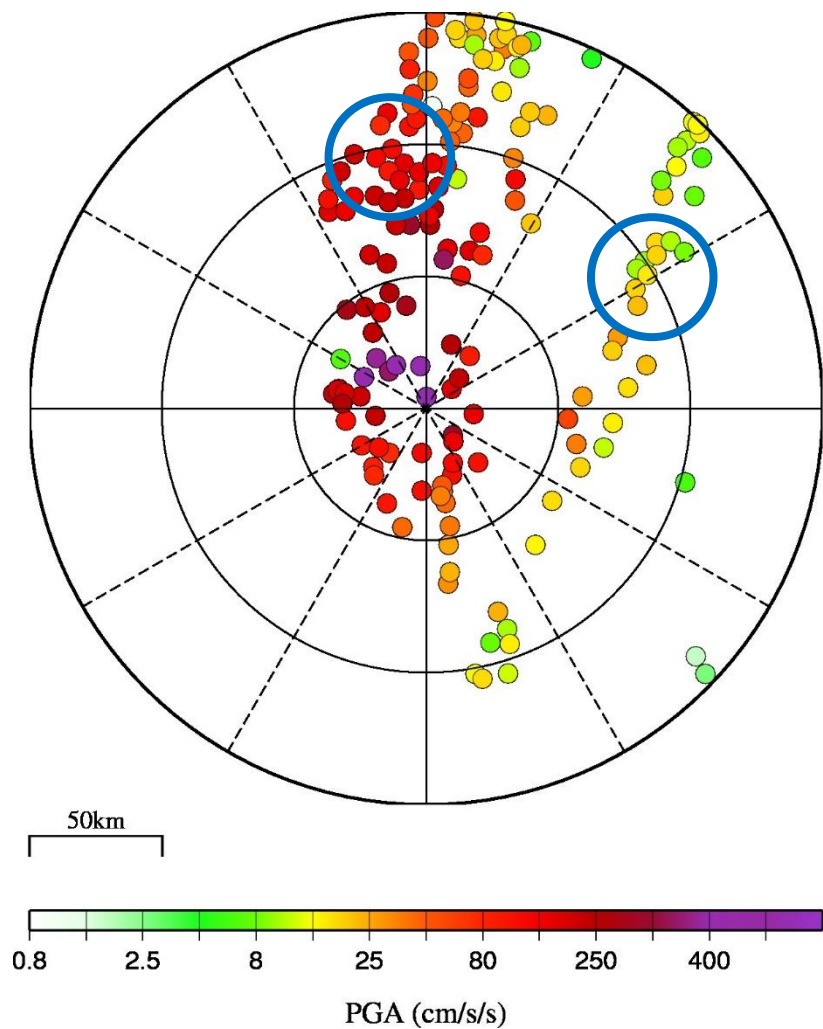
- 地表最大加速度值(PGA, Peak Ground Acceleration)
- PGA隨測站與震央的距離(震央距)愈遠而愈小(衰減)
- 按照過去的觀測經驗，不同規模的地震有不同的衰減公式
- 因此觀測得到不同距離測站的PGA值即可判定該地震的規模

- 但因為地震波傳播的介質特性不同，可能有些區域會有振幅放大的效果而影響規模判定，必須考慮測站場址的特性，例如盆地效應、沖積層效應、地形效應

最大地表加速度(PGA)時空變化



2016-02-05 M6.0美濃地震



I.(a) Event Search

P Alert Event Catalog

The screenshot displays a web-based interface for searching earthquake events. On the left, a map of Taiwan is shown with several colored circles representing earthquake events. The map includes a search box labeled 'Draw Selection Box' and a '衛星檢視' (Satellite View) button. The 'Map Controls' panel on the right allows users to filter events by time, date, and magnitude. The 'Select Time' section shows 'Earthquake data from the past 6 Months M4.0+' and a 'Load Event Data' button. A dropdown menu is open, showing options: 'Past Week All Magnitudes', 'Past Month All Magnitude', 'Past 6 Months M4.0+' (selected), and 'Custom'. The 'Date' section shows a date range from '2013-09-02' to '2014-03-02'. The 'Adjust Magnitude' section shows a range from 4 to 7. Below the map, a table displays event data.

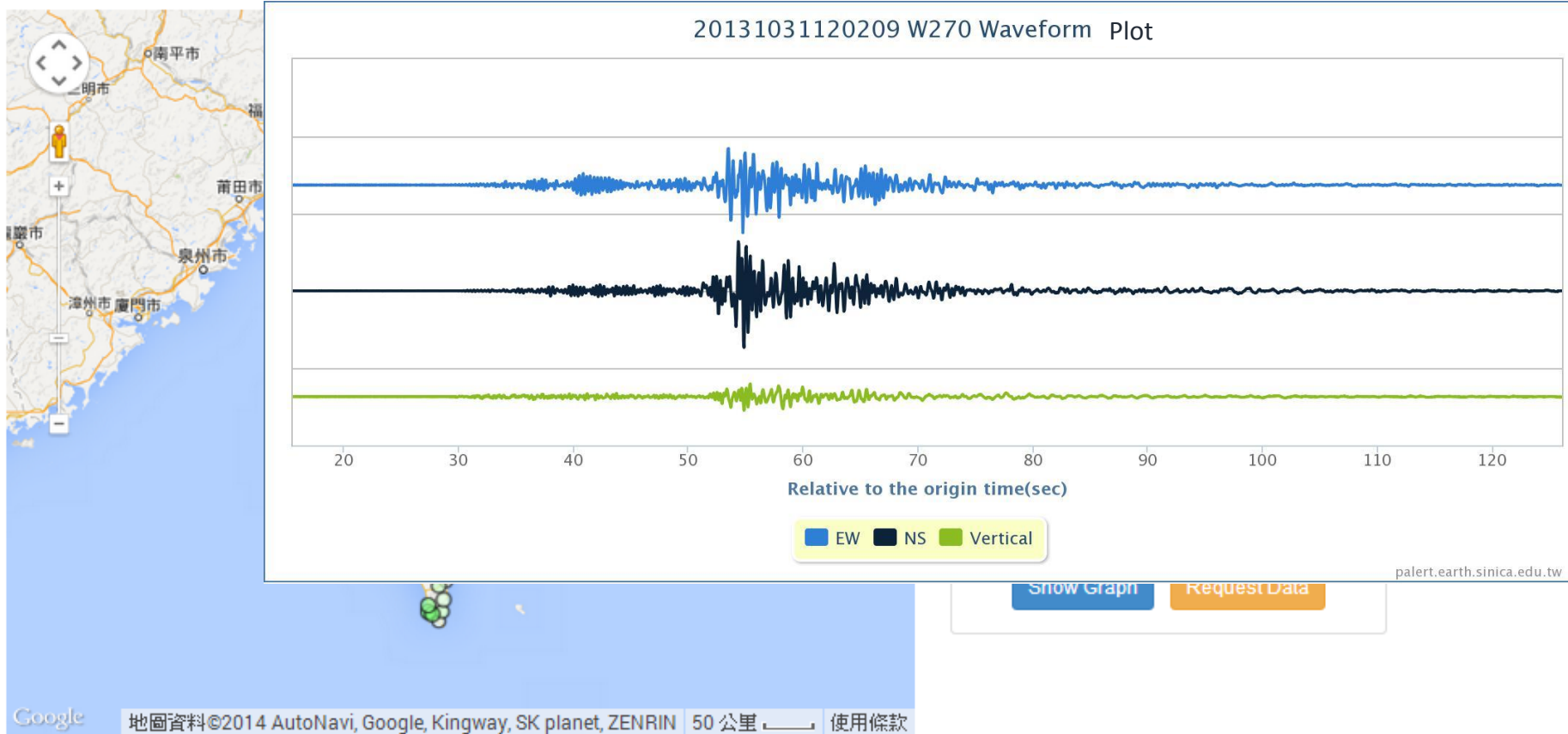
Number of Stations	Date	Time (UTC)	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude (ML)
javascript:getData('halfyear')			22.63° N	121.22° E	58 km	4.70

II.(a) Data Filtering

Project name

2013-10-31 M 6.3

No. of Stations	Latitude	Longitude	Date	Depth	Intensity
347	23.55	121.42	2013-10-31 12:02:09 (UTC +8 台北)	19.4 KM	M 6.3



II.(b) Optional Data Filtering

2013-10-31 M 6.3

No. of Stations	Latitude	Longitude	Date	Depth	Intensity
347	23.55	121.42	2013-10-31 12:02:09 (UTC +8 台北)	19.4 KM	M 6.3

2013-10-31 M 6.3

No. of Stations	Latitude	Longitude	Date	Depth	Intensity
347	23.55	121.42	2013-10-31 12:02:09 (UTC +8 台北)	19.4 KM	M 6.3

2013-10-31 M 6.3

No. of Stations	Latitude	Longitude	Date	Depth	Intensity
347	23.55	121.42	2013-10-31 12:02:09 (UTC +8 台北)	19.4 KM	M 6.3

Distance Range

Azimuth Range

PGA Range

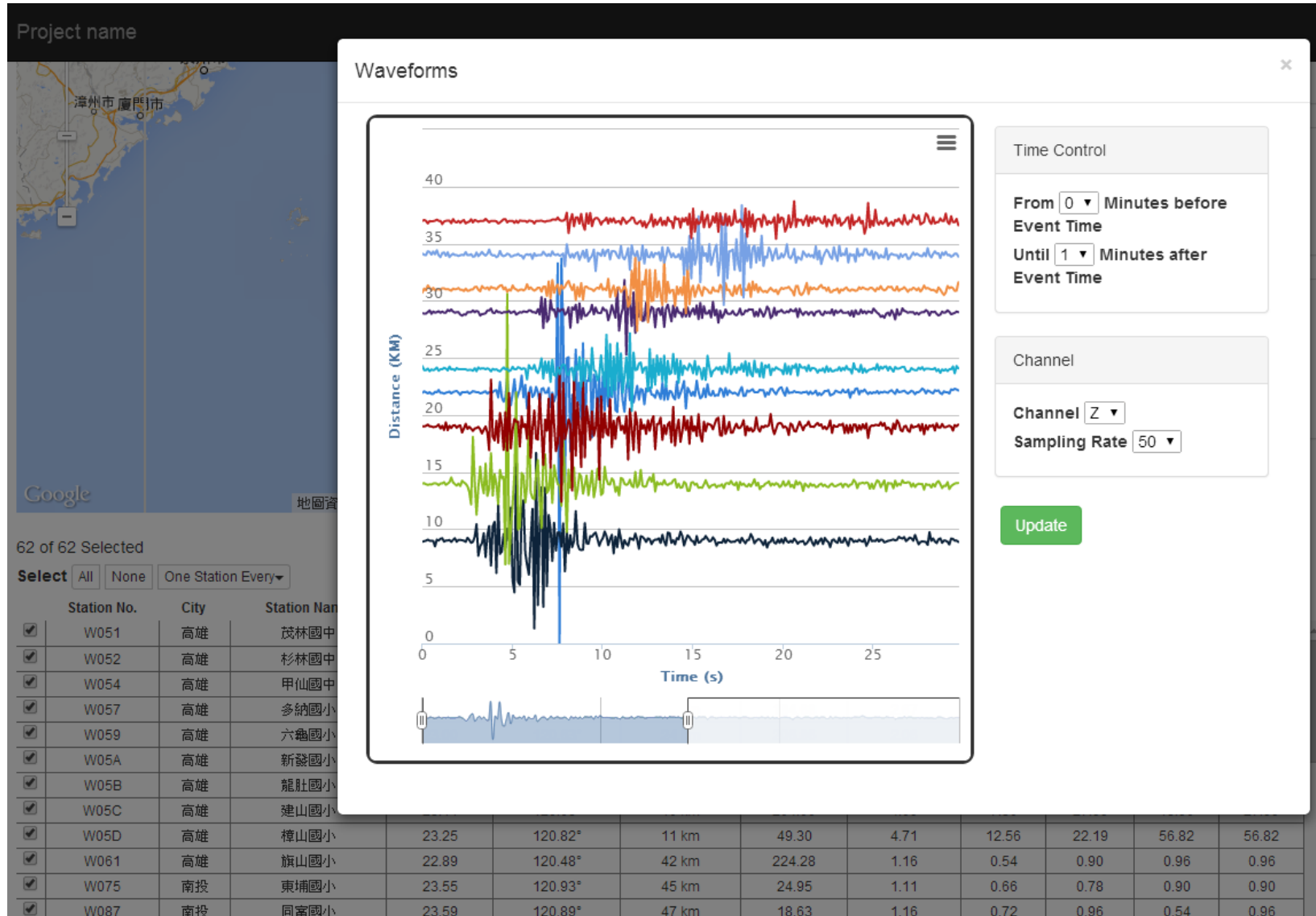
14 : 497

Azimuth Range

Show Graph Request Data

地圖資料©2014 AutoNavi, Google, Kingway, ZENRIN 20 公里 使用條款

III. Plot the record section



台灣寬頻地震觀測網

Broadband Array in Taiwan for Seismology (BATS)

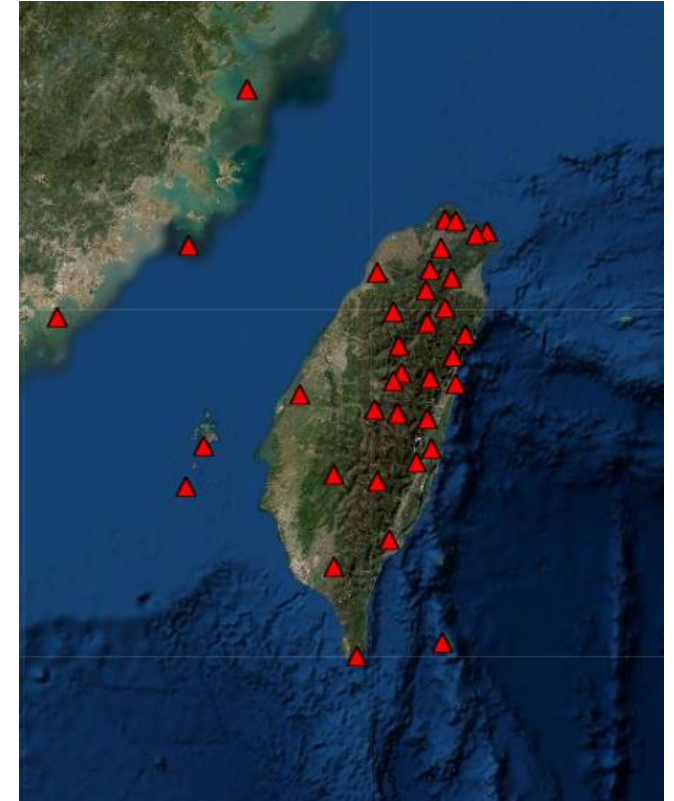
BATS Web Services :Data URL Builder

Use this form to build a URL to the BATS web services. Notice that as you edit the form, the link is automatically updated.

Output:	<input type="text" value="MiniSEED"/>
Network:	<input type="text" value="TW (BATS)"/>
Station:	<input type="text" value="CHGB"/>
Channel:	<input type="text" value="BH?"/>
Start Time:	<input type="text" value="2009-06-06T06:00:00"/>
End Time:	<input type="text" value="2009-06-06T06:10:00"/>
Label:	<input type="text" value="Custom Label (Optional)"/>

Usage

Available real-time stations data :
KMNb, NACB, SSLB, TPUB,
TWGB, YHNB, YULB
Separated by commas for multiple
stations.



Click the Link:

[https://tecws1.earth.sinica.edu.tw/BATSWs/query?type=ms&tb=2009-06-06T06:00:00&te=2009-06-06T06:10:00&sta=CHGB&ch=BH?
&l=&account=wtl&password=5e61b5018552995c573f956f46bf4b87](https://tecws1.earth.sinica.edu.tw/BATSWs/query?type=ms&tb=2009-06-06T06:00:00&te=2009-06-06T06:10:00&sta=CHGB&ch=BH?&l=&account=wtl&password=5e61b5018552995c573f956f46bf4b87)

<https://tecws1.earth.sinica.edu.tw/BATSWs>

地震觀測

工具程式：SeisGram2K

http://alomax.free.fr/seisgram/ver70/SeisGram2K_install.html

觀測地震學

觀測地震學是一門依據分析科學儀器所記錄的地震波形來研究震源(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)、地球結構與其他問題的科學。

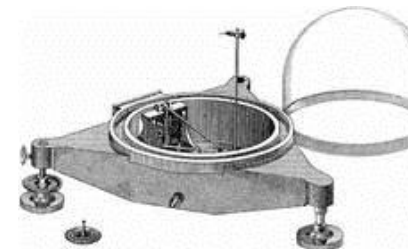
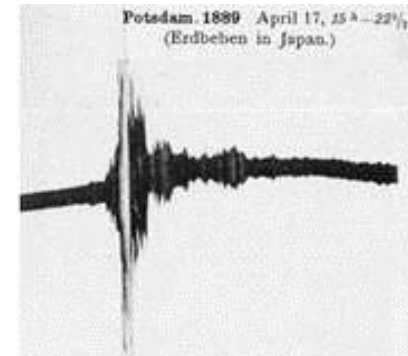
地震儀所記錄到的地表位移(u)是震源破裂型態(s)與地球內部結構(E)、場址效應(a)及儀器響應(I)的總和效果。

$$u(r,t) = s(r,t) * E(r,t) * a(r,t) * I(r,t)$$

因此，如果我們不明白地震儀器的響應(response)，便無法反推震源的破裂行為或地球的內部性質。

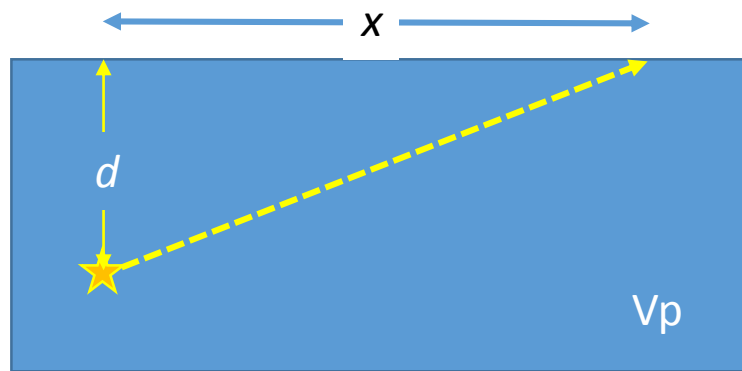
19世紀末的現代地震觀測儀器

- ◎ 現代地震儀組成：
 - ◎ 感震器、計時器、記錄器
- ◎ 19世紀末期發展出現代觀測儀器
 - ◎ Robert Mallet, 1857(愛爾蘭) 奠基
 - ◎ Filippo Cecchi, 1875(義) 第一部地震儀
 - ◎ William Milne, 1892(英、日) 精密地震儀
- ◎ 第一個遠震地震波形紀錄：Apr. 17, 1889
 - ◎ *Von Rebeur-Pacshwitz* (Nature, 1889)
 - ◎ 水平擺的光學紀錄
 - ◎ 在德國波茲坦記錄到來自日本規模約5.8的地震
 - ◎ 標示出全球地震觀測時代的來臨

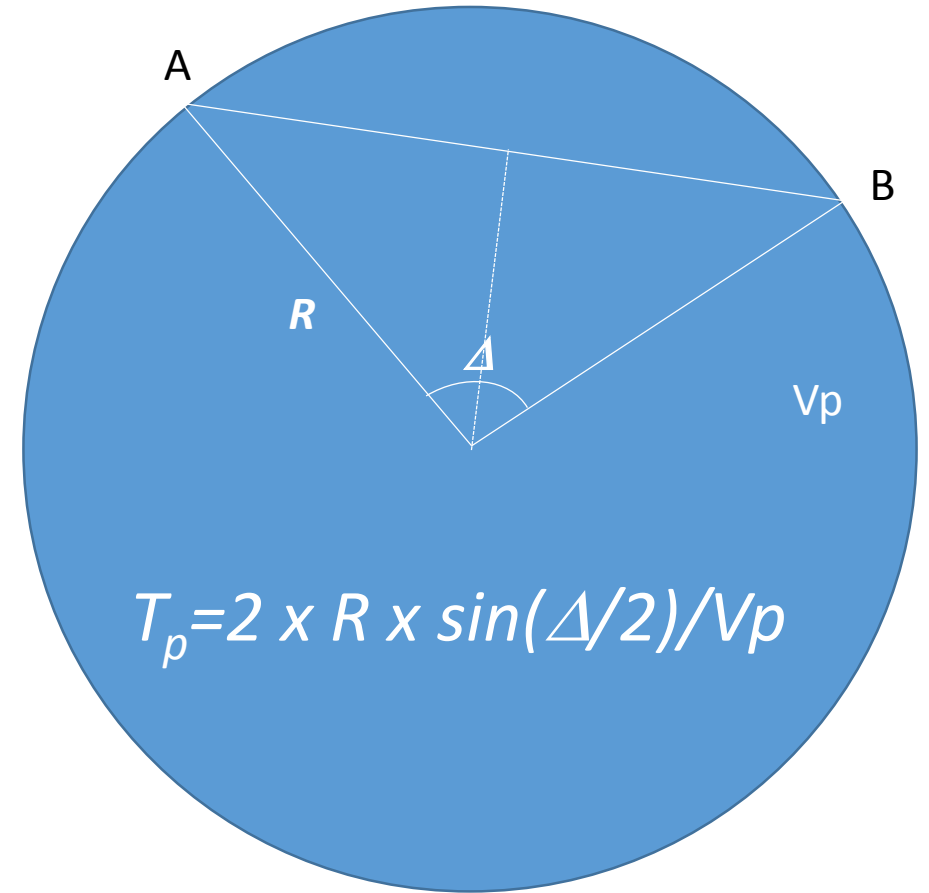


地震觀測Q&A – (1)

- 地殼是不是均勻的物質？
- 你怎麼知道地球是不是均質的物體？



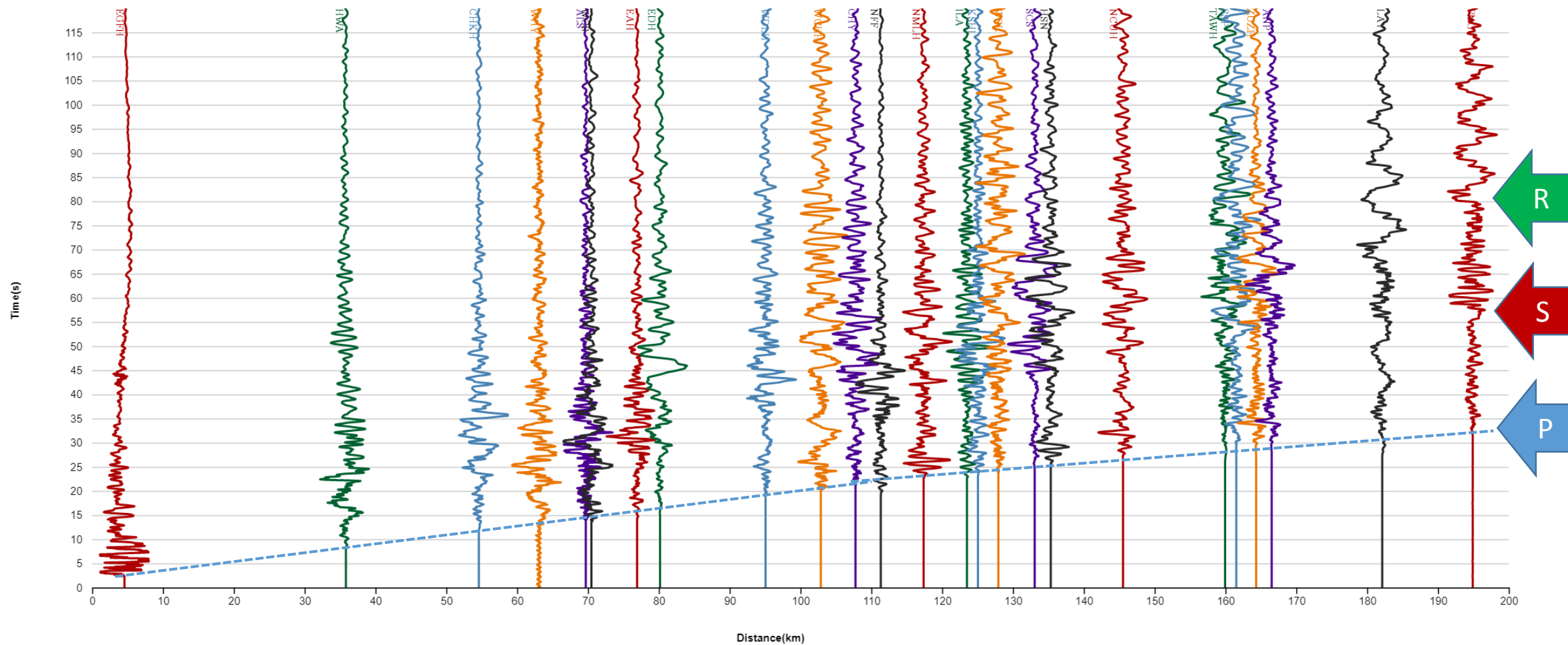
$$T_p = \frac{\sqrt{d^2 + x^2}}{V_p}$$



2022-06-20 M6.0 d=6.8 km

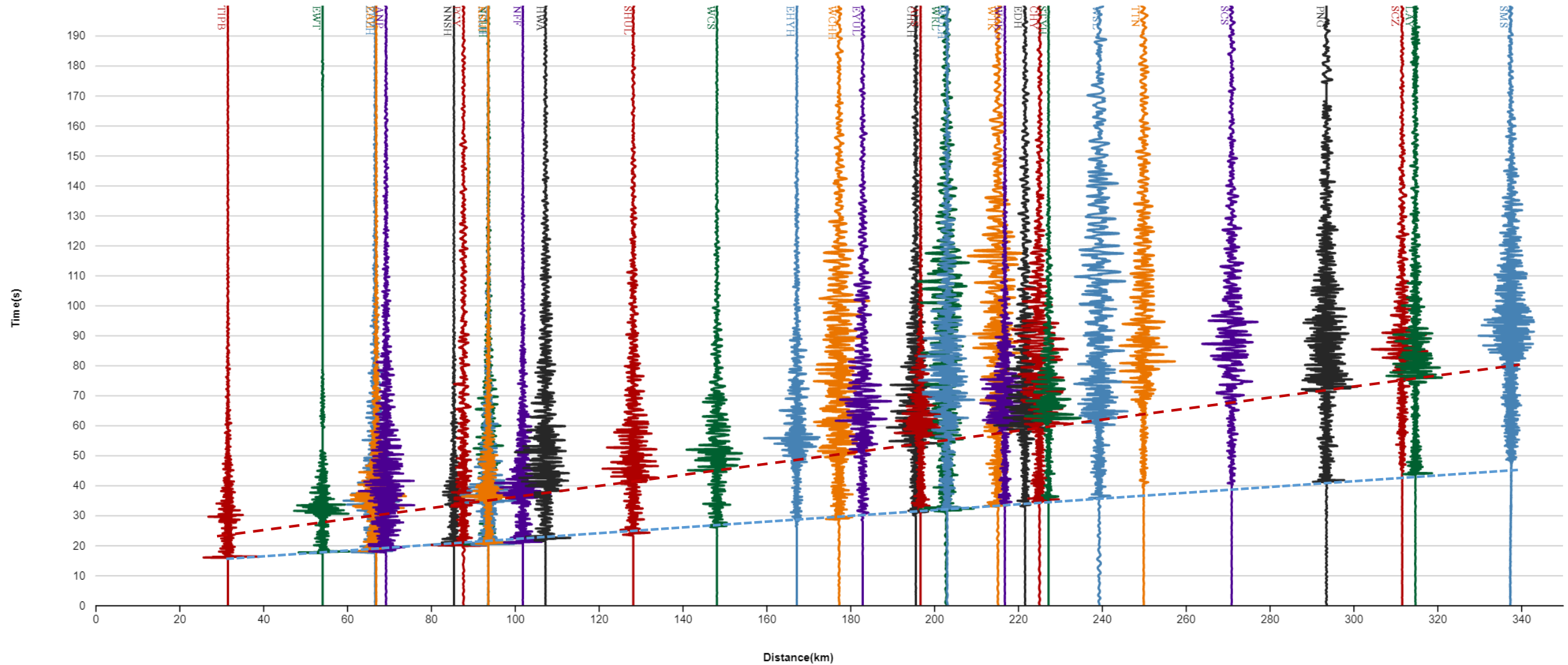
CWBSN HHZ [垂直向寬頻紀錄]

2022-06-20T01:05:07(UTC) M6



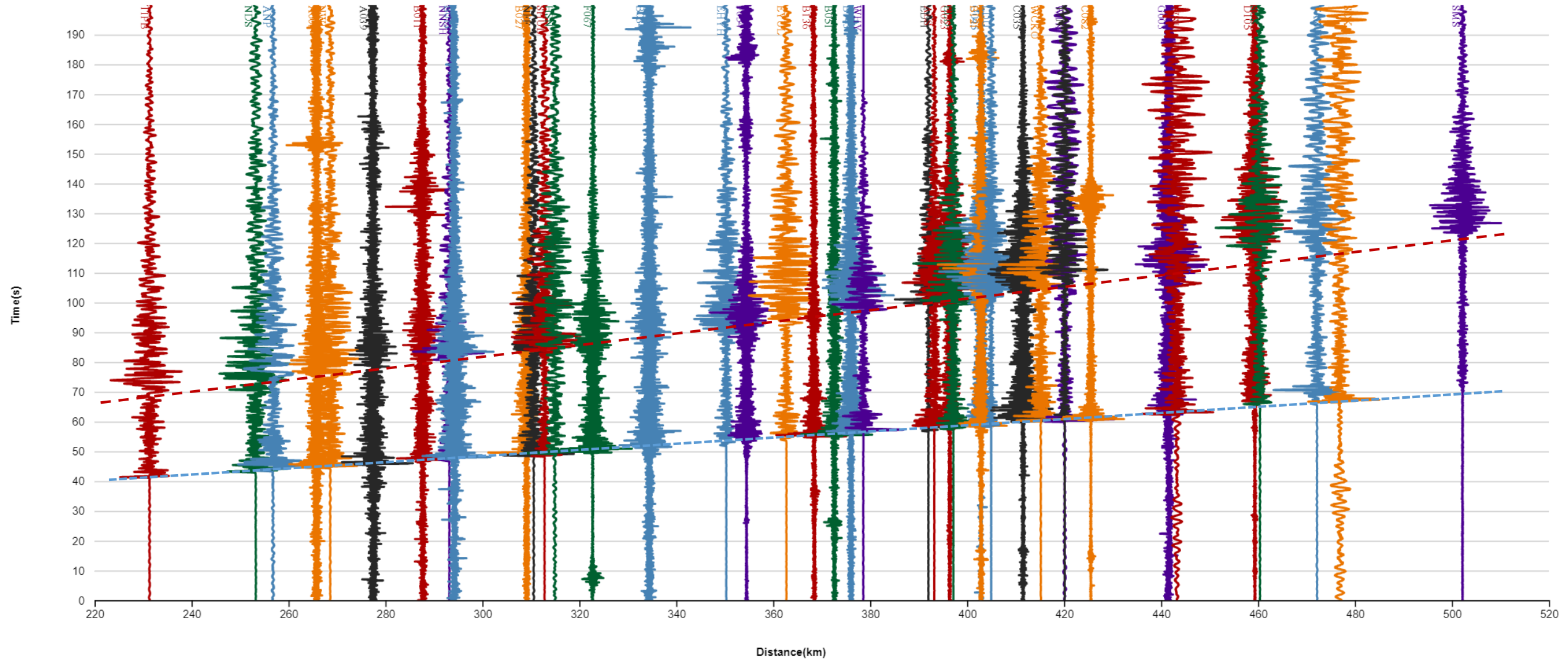
2020-09-30 M6.0 d=105km

2020-09-30T04:37:20(UTC) M6.02



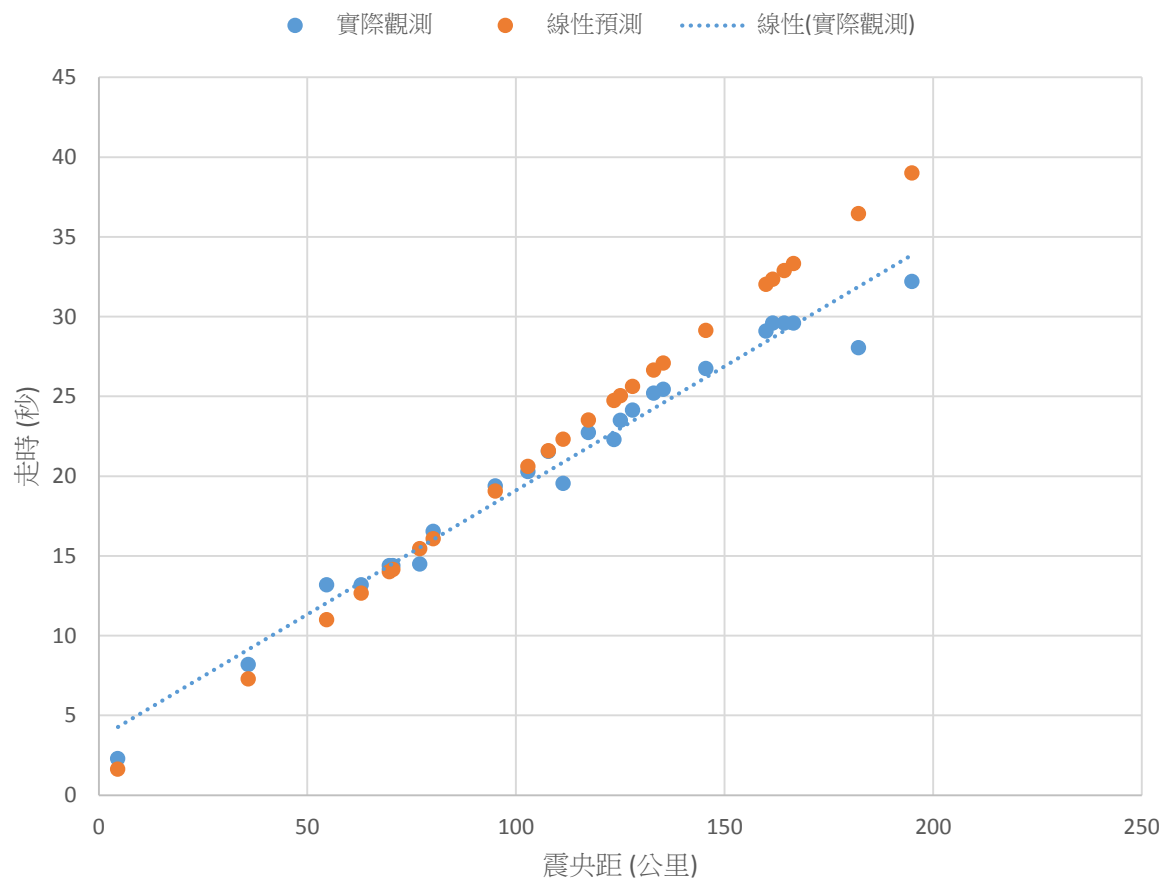
2021-05-03 M6.6 d=209km

2021-05-03T05:07:29(UTC) M6.63

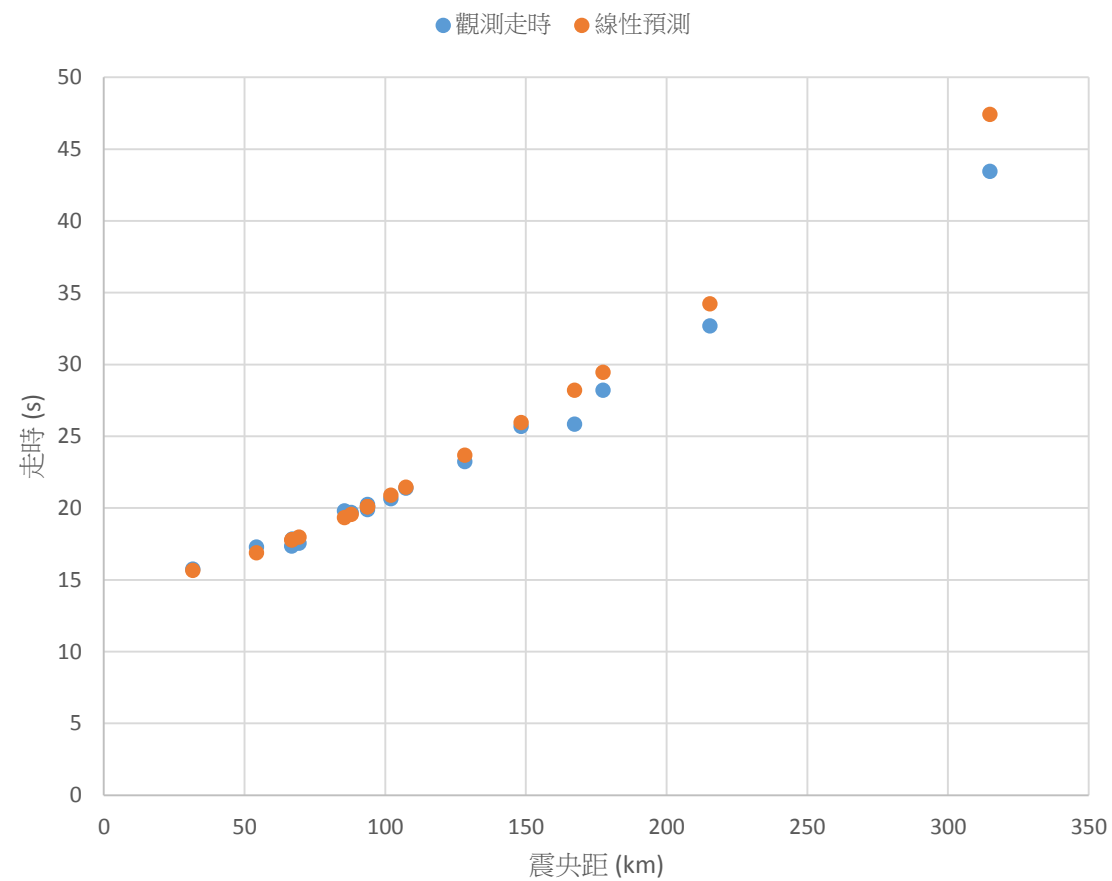


觀測走時與預估走時

走時圖 (Travel-time curve)

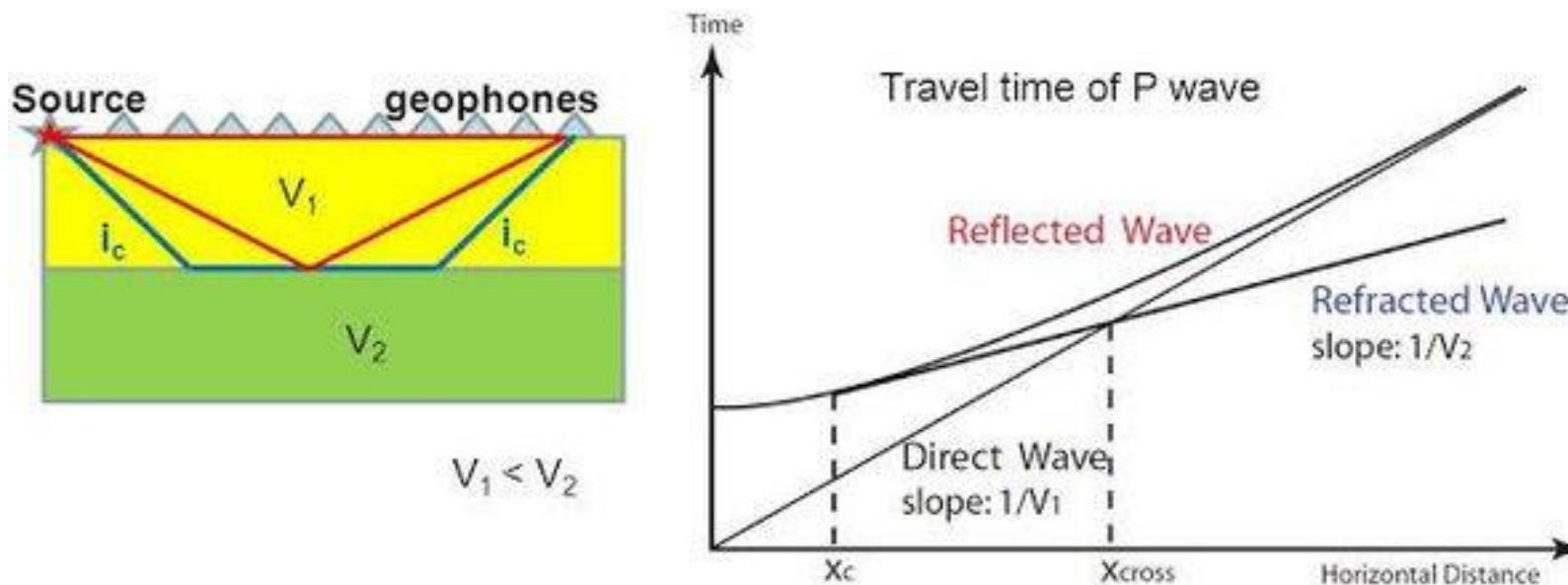


走時圖



莫荷面

Seismic Imaging Techniques



- Seismic refraction
- Seismic reflection

Critical distance: x_c

臨界距離

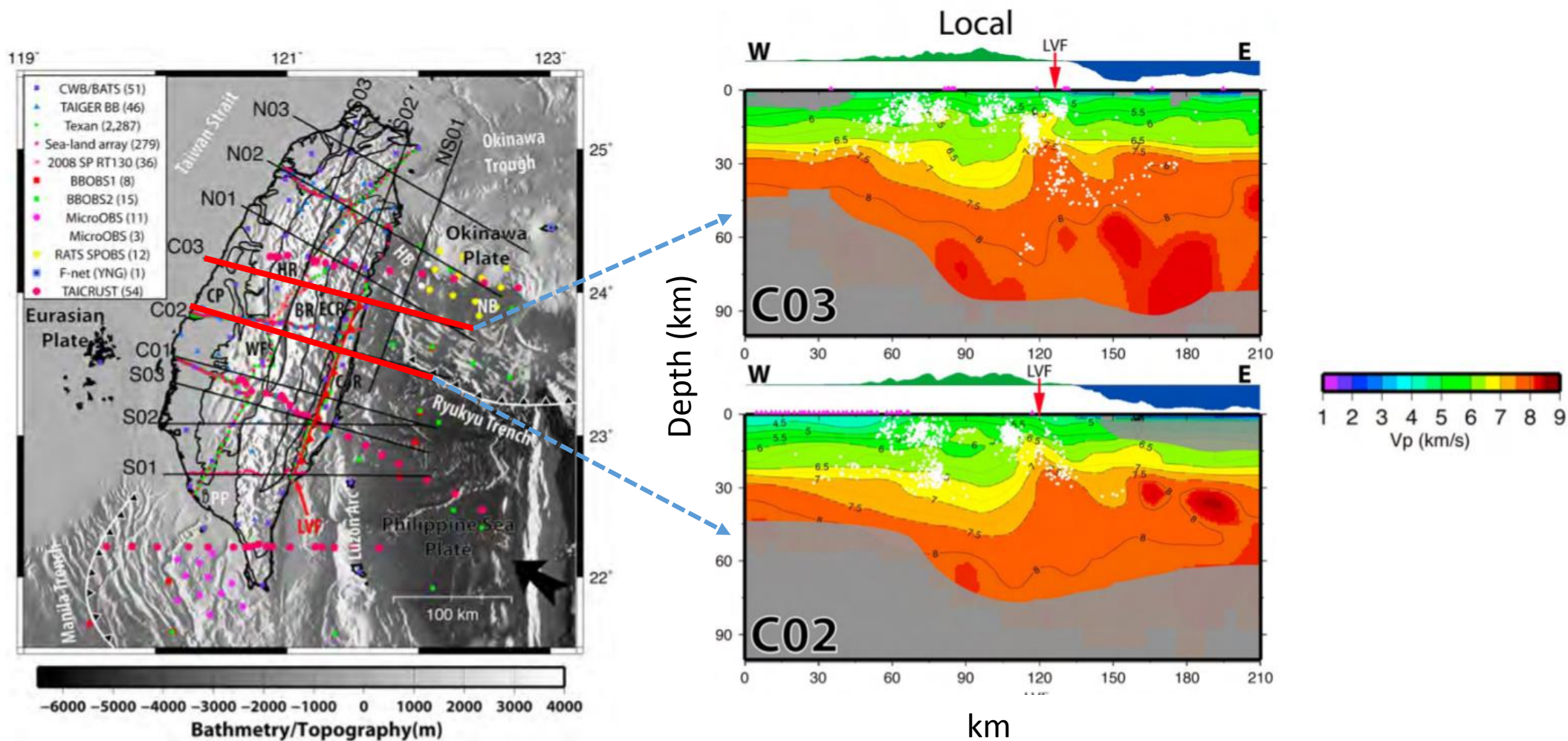
Crossover distance: X_{cross}

超越距離

地震觀測Q&A – (2)

- 地震波從震源傳遞到測站的時間受到什麼因子控制？
- 請從2021-09-25 ML5.7地震的P-Alert波形紀錄，觀測沿著花東縱谷和穿越中央山脈的走時差異
- 你有什麼推測？

地震斷層掃描 - 震波速度模型

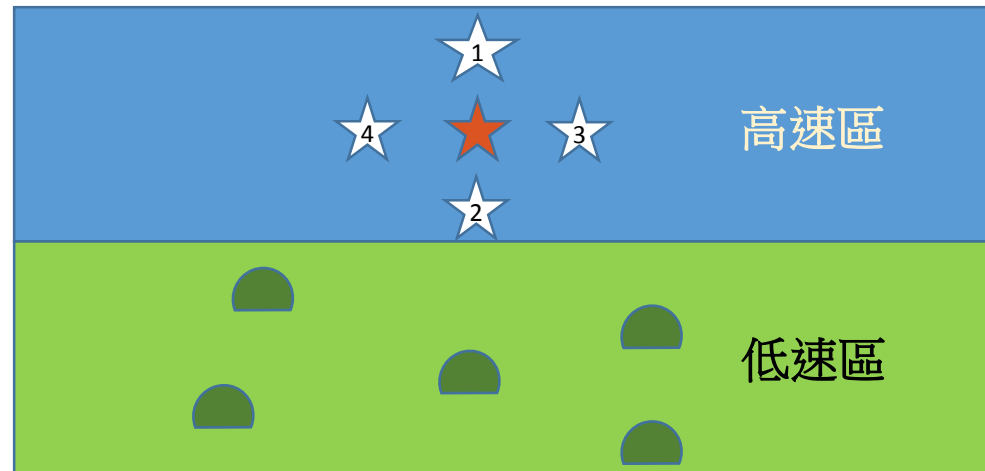


地震觀測Q&A – (3)

問題：

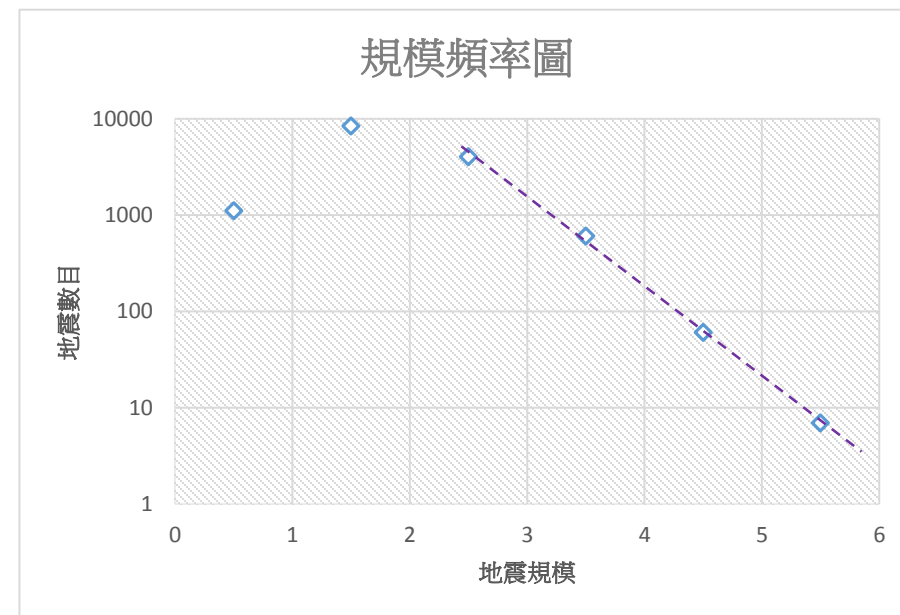
某區域位於海陸交界處，已知海域(藍色)地殼的P波速度比陸域(綠色)來的快一些。由於地震測站僅分布在陸地上，只能探知陸域地殼內的P波速度，今有一震央發生在海域地殼內的地震(紅色星號)，如果使用陸地測站的波形資料及陸地的P波速度來進行地震定位，請問此時所定位的震央位置可能落於何處(1-4)？

為什麼？



地震觀測Q&A – (4)

- 地震數量與規模的關係
- 在GDMS查詢某地附近，地殼內(<35 km)的地震在不同規模範圍內的個數並利用excel作圖
- 你發現什麼現象？
- Frequency-Magnitude Distribution Diagram
- Scaling law 比例規律



The END