

Development of the *Earthquake Science Information System (TESIS)* in Taiwan

台灣地震科學資訊系統

Wen-Tzong LIANG^{1*}, Jian-Cheng LEE¹

梁文宗、李建成

Nai-Chi HSIAO², Chien-Hsin CHANG²

蕭乃祺、張建興

1. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

2. Seismological Center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan

Outline

Objectives

- Integrating all available real-time Sci. information
- A platform for scientists and public
- Education and Outreach

Information Contents

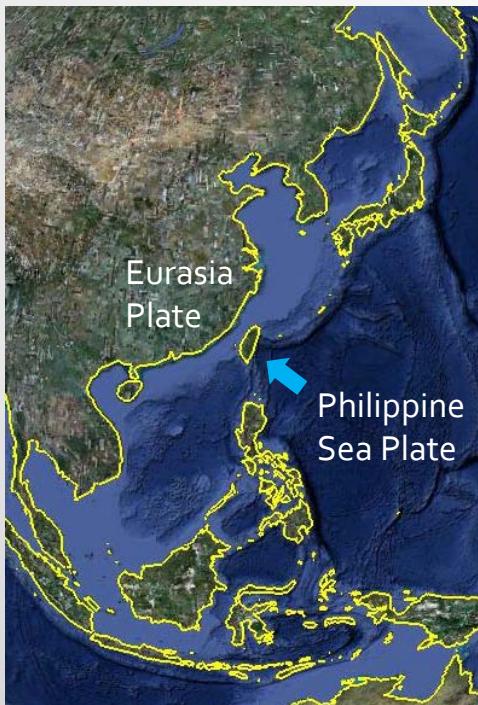
- Rapid Earthquake Detection
- Real-time focal mechanism
- Real-time intensity
- Co-seismic GPS
- Background geology and geological data

***Taiwan
Earthquake
Science
Information
system (TESIS)***

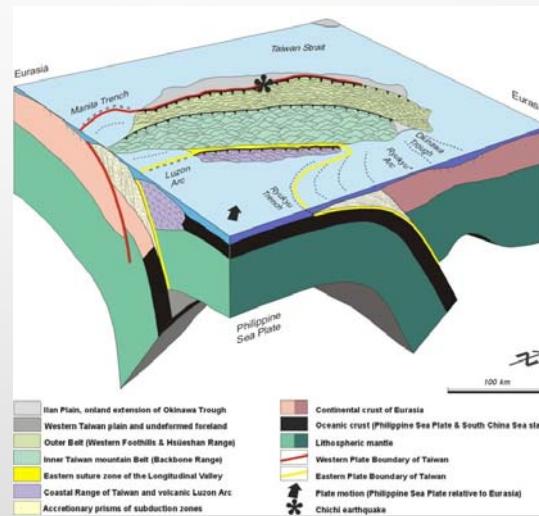
Future Work

Tectonic Setting in the Taiwan region

台灣鄰近地區的地體構造



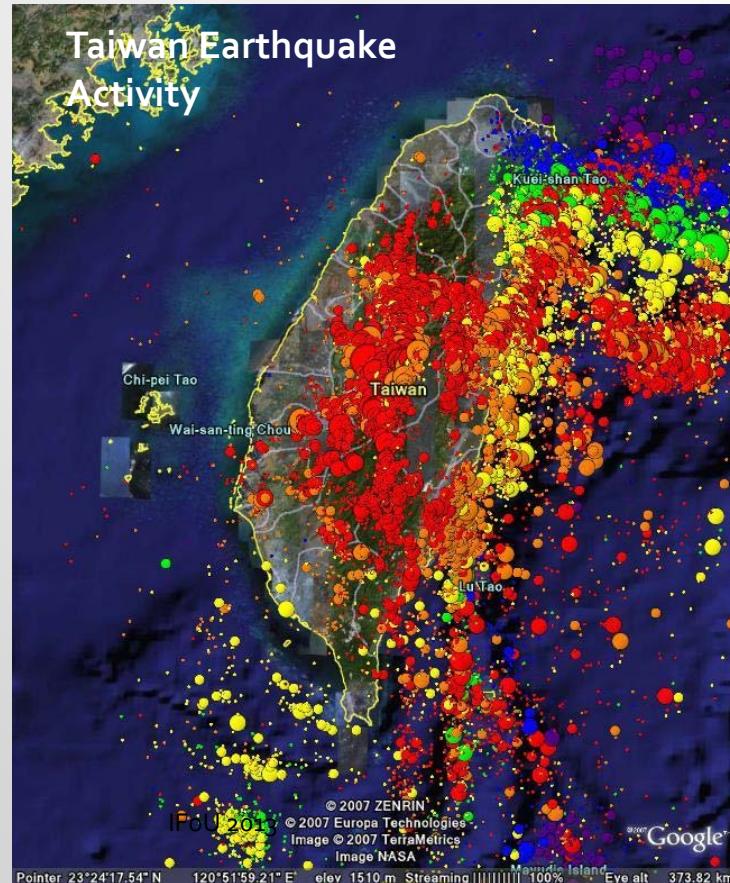
Taiwan is located at a convergent plate boundary zone between EP & PSP. As a result, significant crustal deformation and earthquake activity are clearly observed in the vicinity of Taiwan.



Courtesy of Chang, C.-P.

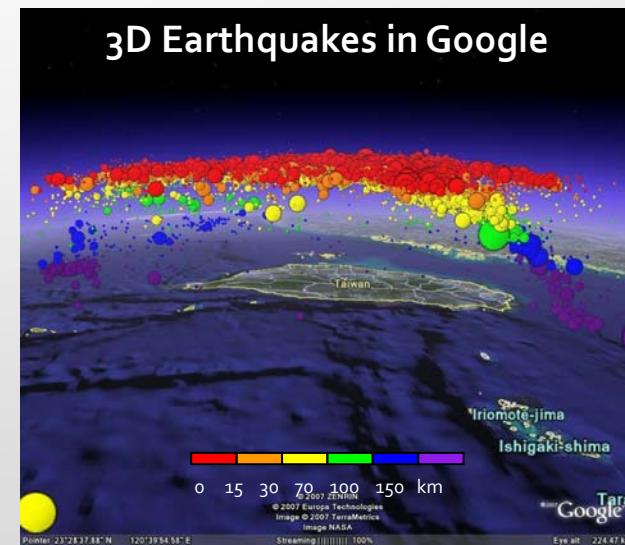
Taiwan Seismicity

台灣的地震活動



Data Source :  CWB

- 1900~1973
- 1973~1990
- 1990~



Why we need an Earthquake Science Information System?

為什麼需要地震科學資訊系統？

- **Rapid** and **reliable** earthquake science information is crucial for :
 - **Scientific discussion** on corresponding seismogenic structure and its Implication on regional seismotectonics
 - **Seismic hazard assessment and mitigation**
 - **Education and Outreach** (*deliverable science products*)

Information Contents

科學資訊的內容

Rapid Earthquake
Detection
(Central Weather
Bureau, CWB)

Automated Near
Real-time Source
Inversions (IES)

Real-time Seismic
Intensity
Information
(CWB, NTU, IES)

Co-seismic GPS
Deformation
(CWB, IES)

Tectonic Summary
and Comments
(scientists on duty)

Background
Seismicity

Background
Geology

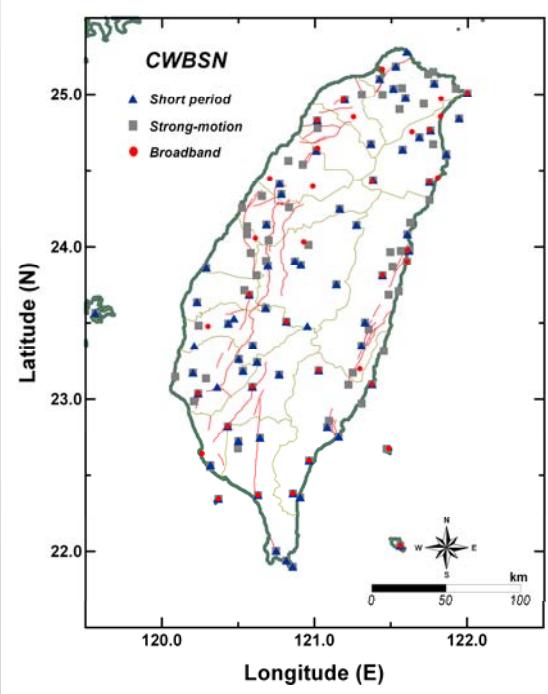
Inter-seismic
Deformation

Real-time seismic
waveforms

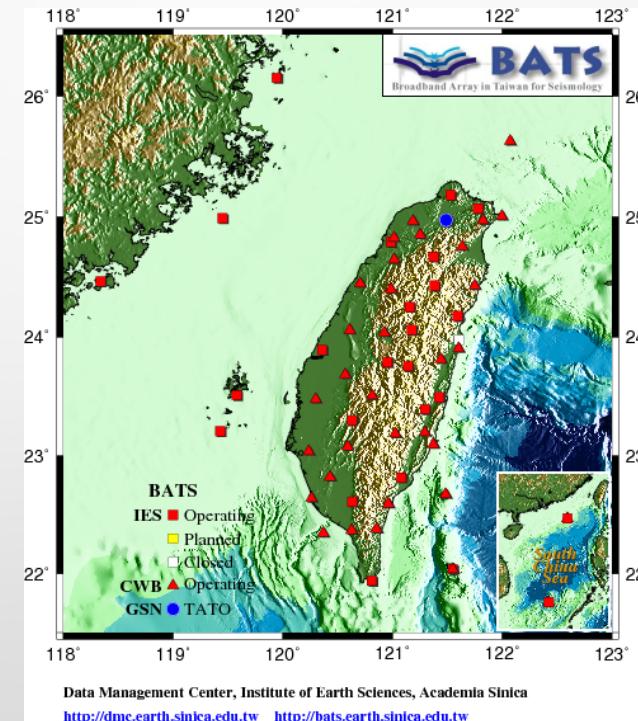
Taiwan Earthquake Monitoring Systems

氣象局台灣地震觀測系統

CWB Seismic Networks
(CWBSN)

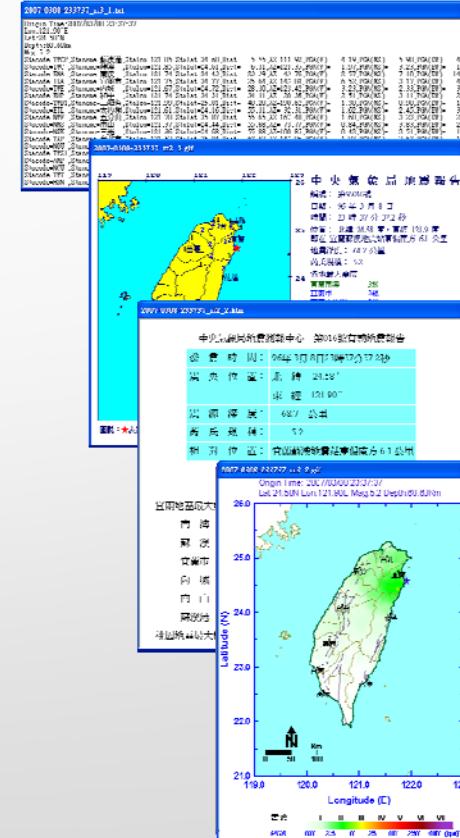
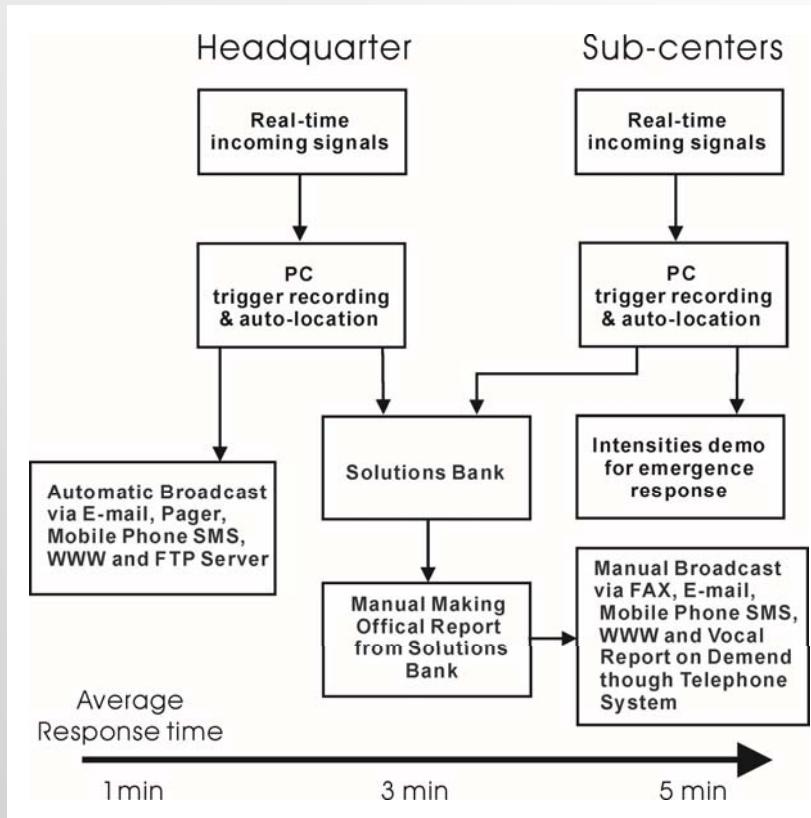


Broadband Array in Taiwan for Seismology



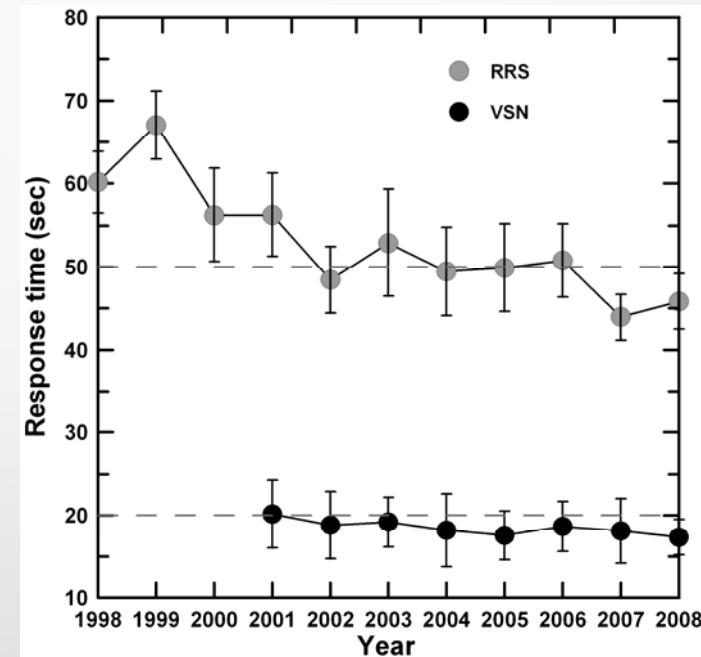
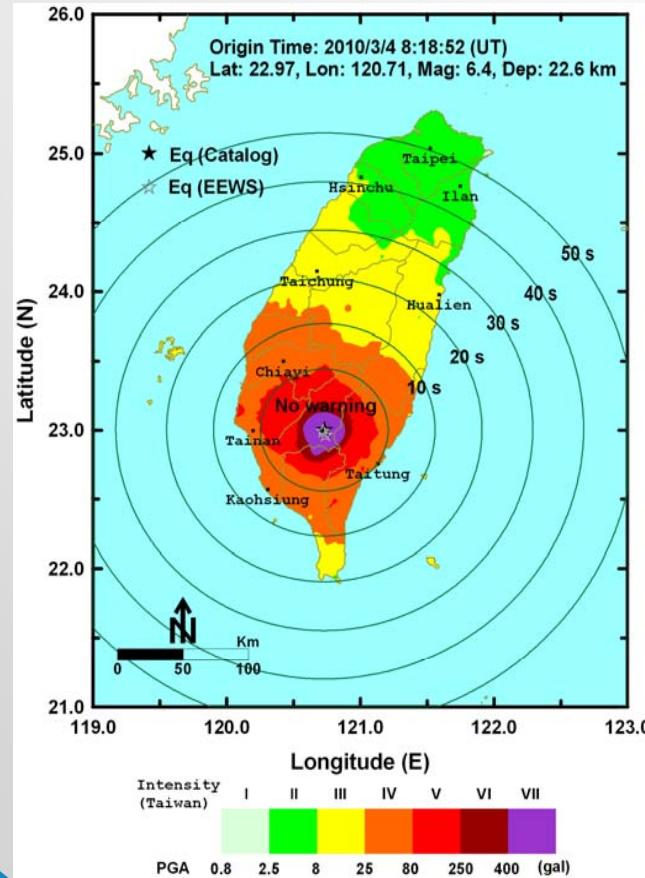
Rapid Earthquake Report

地震速報流程



Virtual sub-network for EEW

應用虛擬子網在地震預警



10-15 seconds EEW

CWB Rapid Earthquake Report

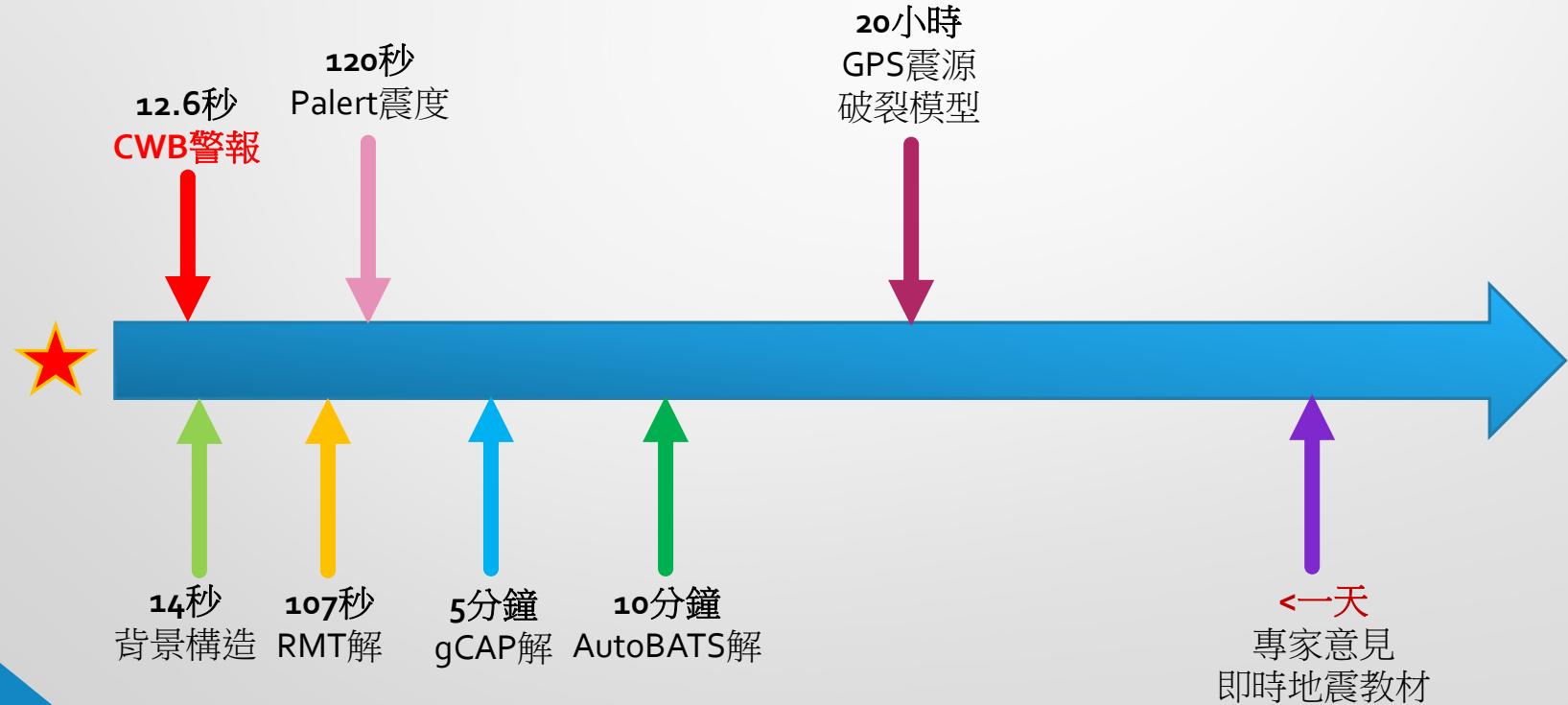
台日地震速報比較

日本氣象廳JMA 2016 04/16 01:25 熊本地震 緊急地震速報



中央氣象局CWB 2016 02/06 03:57 美濃地震 強震即時警報

2016/02/06 Mw6.3美濃地震 TESIS系統反應時間



美濃地震在TESIS上的科學資訊

Summary : 發震時間 2016-02-06 03:57:27(UTC+8) 深度16.7 km 規模 6.4

The screenshot displays the TESIS interface for the 2016-02-06 Meishan earthquake. Key features highlighted include:

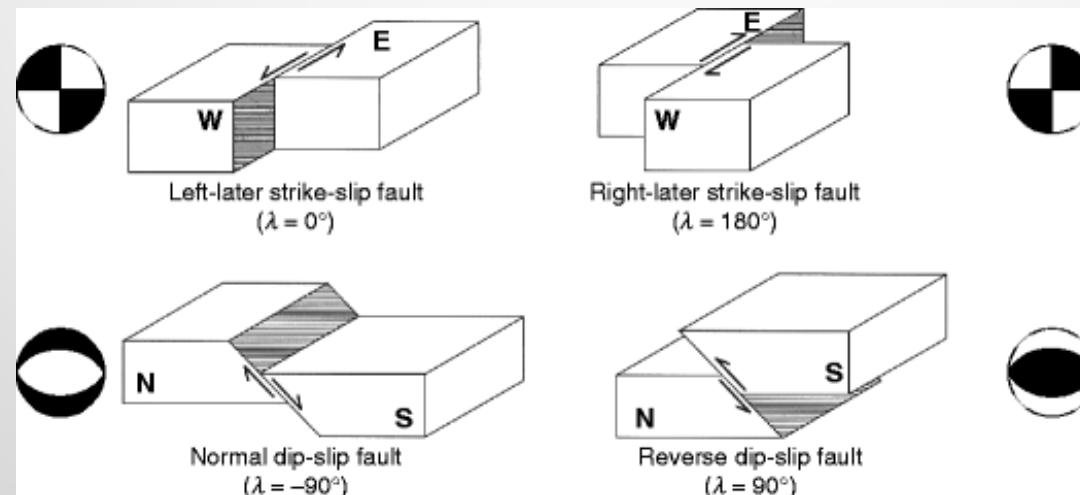
- 震源機制 (Source Mechanism):** A set of six circular diagrams representing different source mechanisms: Historic CMT, gCAP, AutoBATS, FMNEAR, RMT, and W-Phase. The W-Phase diagram is circled in red.
- 背景地震活動 (Background Seismic Activity):** Options for "地質圖" (Geological Map) and "活動斷層" (Active Faults), both circled in red.
- 構造 (Structures):** A detailed text box titled "台南高雄地區的地體構造與地質背景" (Structural and Geological Background of the Tainan-Haikou Area). It describes the regional tectonic setting, mentioning the South China Sea Arc and the South-North thrust belt, and notes the absence of large earthquakes despite active faults.
- 地圖 (Map):** A map of southern Taiwan showing seismic activity and geological features. The map area covers Yunlin County, Chiayi City, Tainan City, Kaohsiung City, and parts of Taitung County. A blue circle marks the epicenter near Tainan. The map includes a legend for "Map" and "Satellite" views, and a scale bar indicating 20 km.

Focal Mechanism

地震震源機制解

理解斷層的錯動型態與應力分布

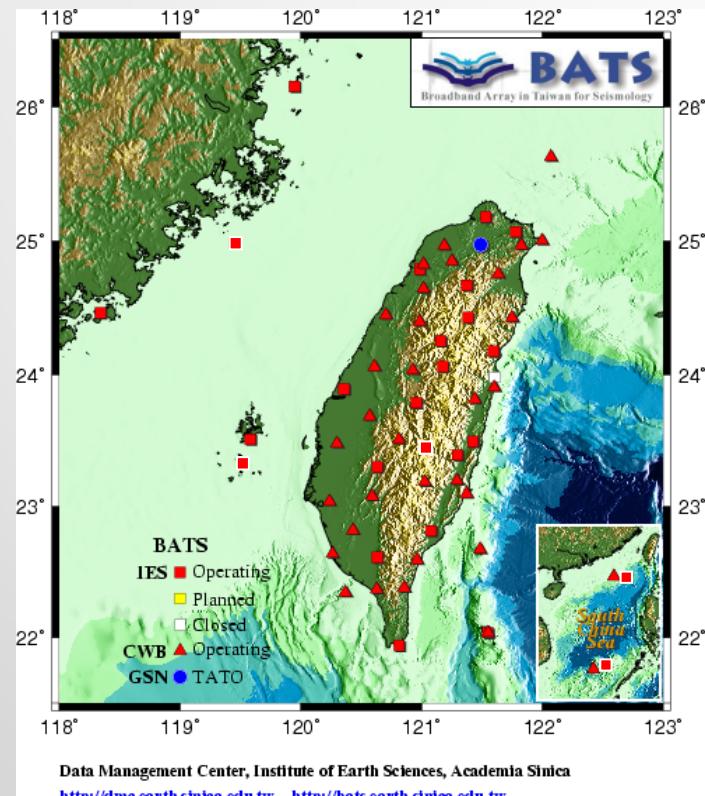
對應的孕震構造和地震地體構造



Okal, 2014. Encyclopedia of Solid Earth Geophysics

Broadband Array in Taiwan for Seismology

台灣寬頻地震觀測網



- 中央研究院地球科學研究所
- 中央氣象局地震中心

**Broadband
Array in
Taiwan for
Seismology**

seismology

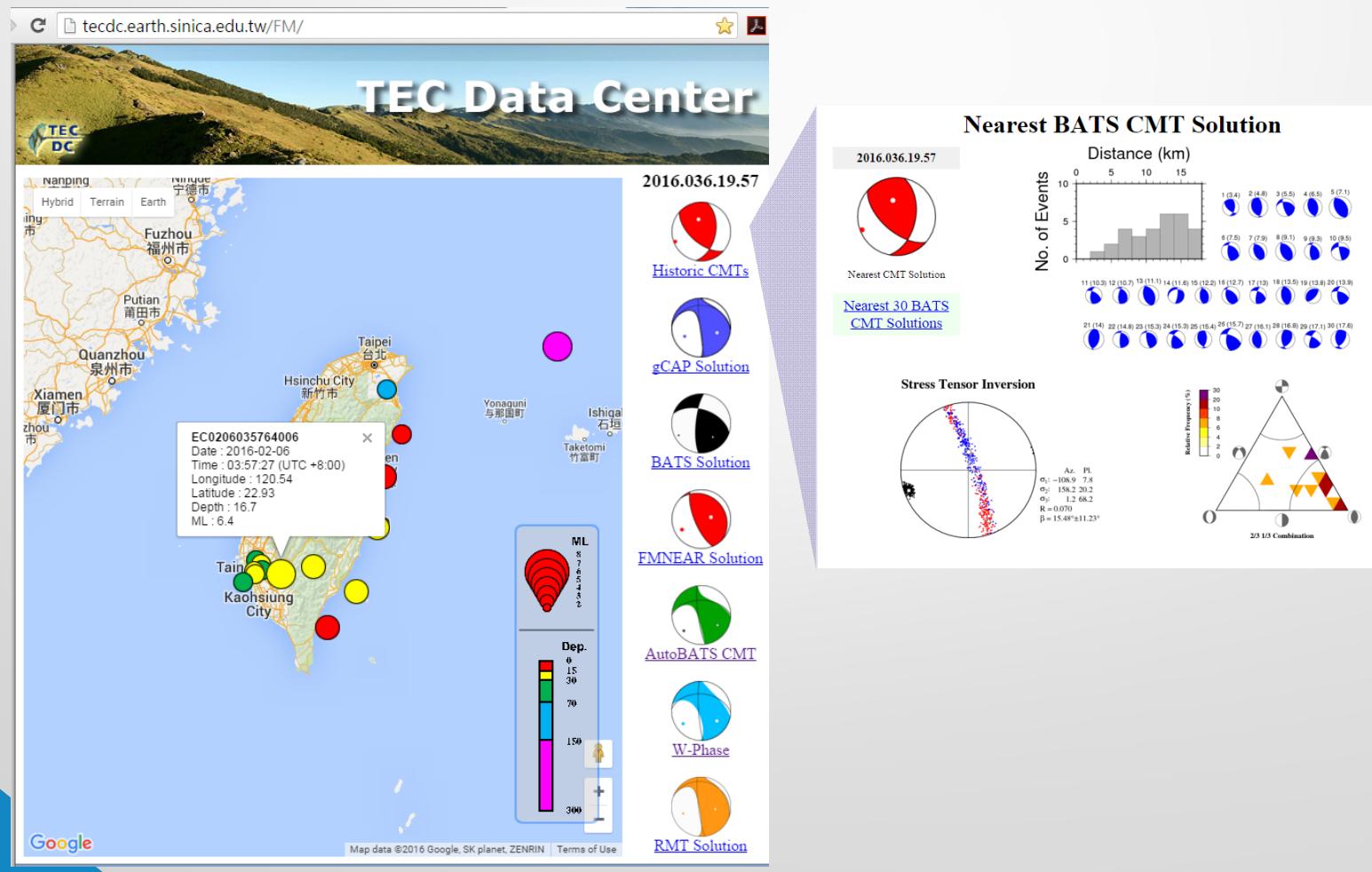
IES 27

CWB 34

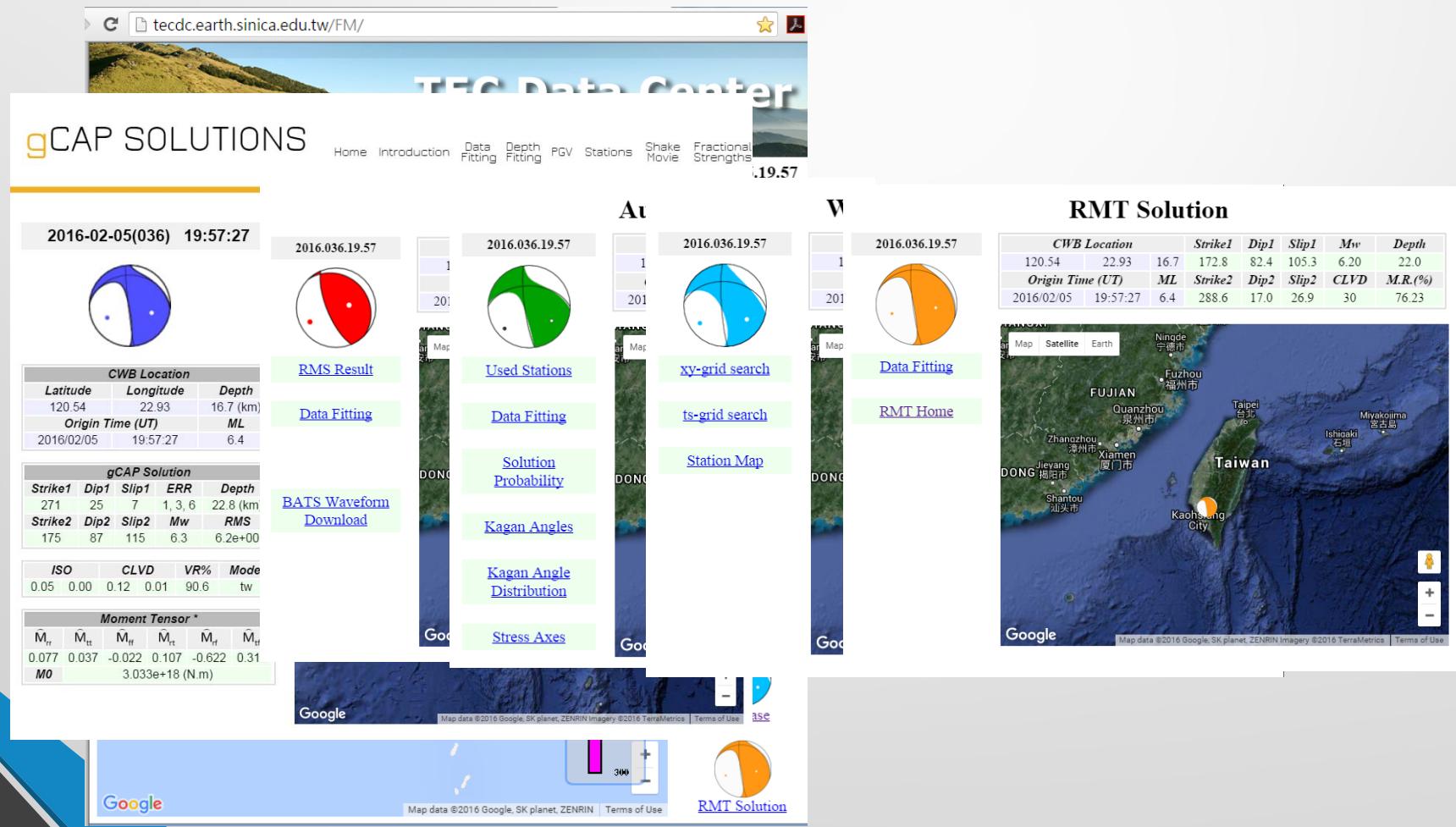
GSN 1

<http://bats.earth.sinica.edu.tw>

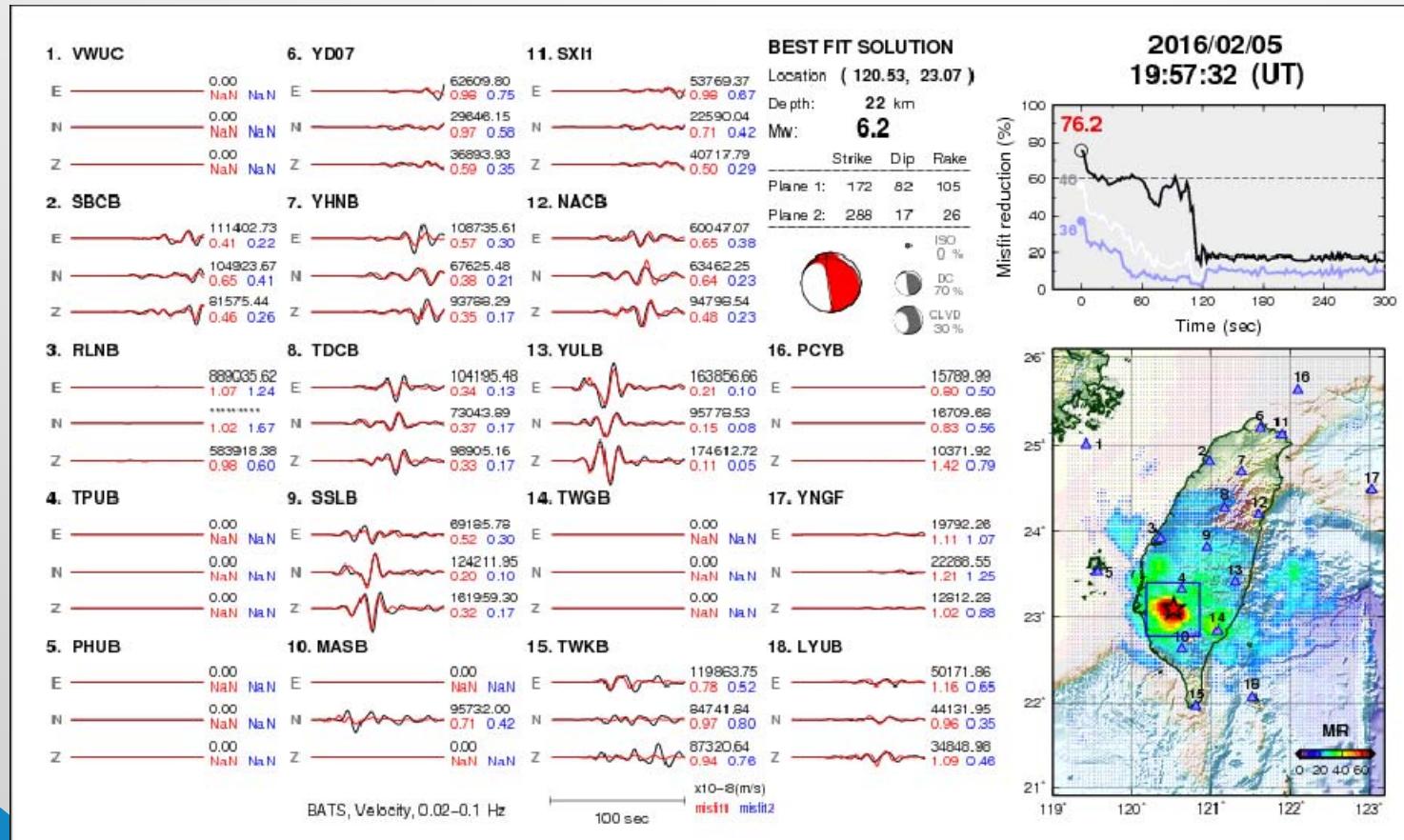
Automated Real-time Source Inversions



Automated Real-time Source Inversions



Real-time Moment Tensor Monitoring 即時地震舉張量監測系統



W-Phase Source Inversion

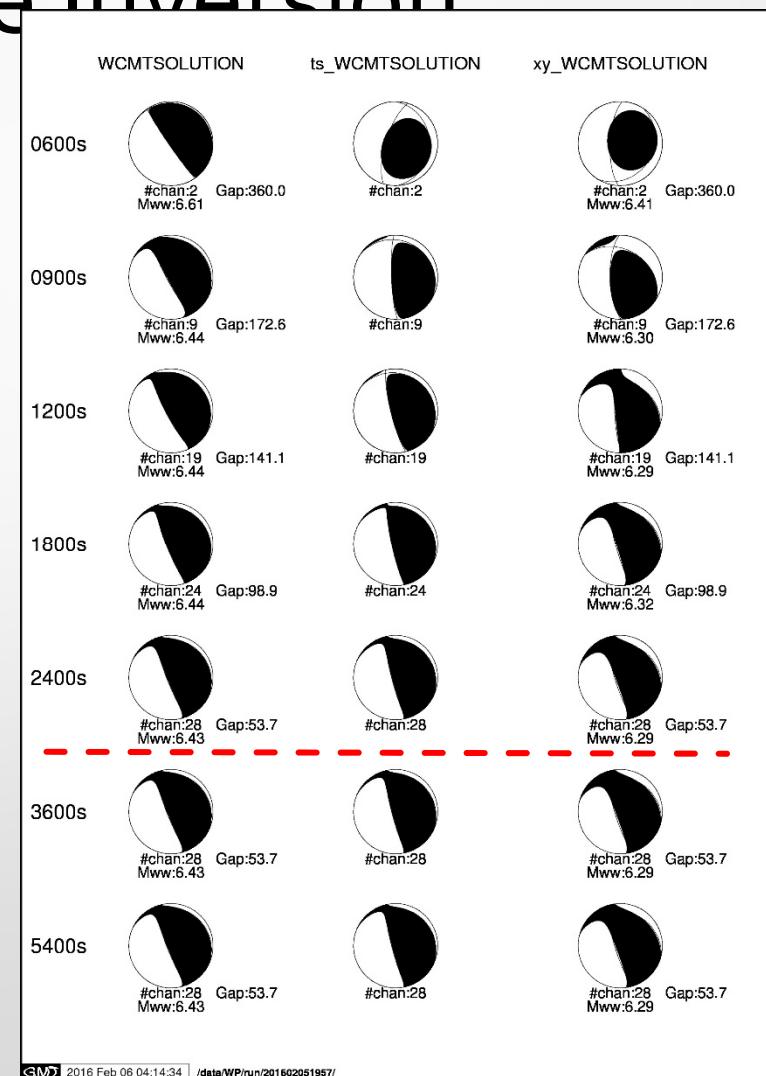
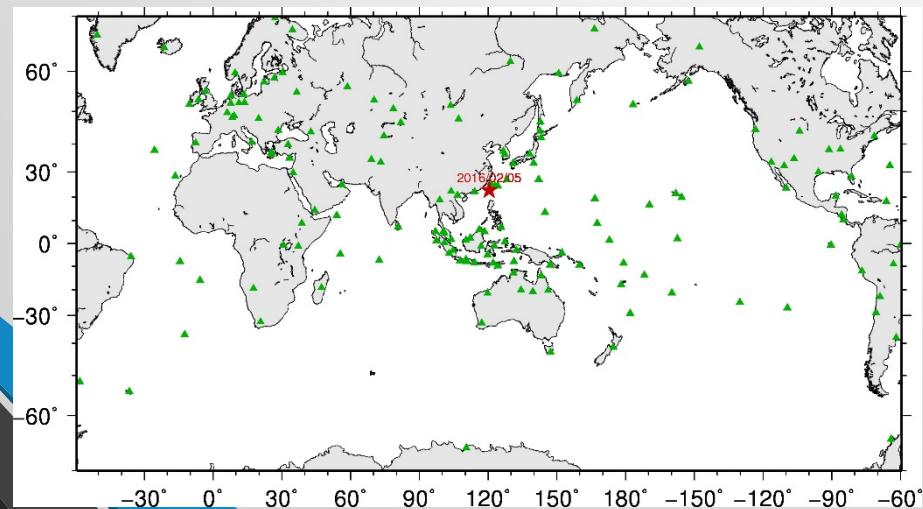
- Kanamori & Rivera, 2008
- Very long-period surface waves
- Reliable **magnitude** estimation for strong earthquake!
- Tohoku M9 earthquake
- Tsunami warning
- Global scale
 - [SeisComP + IU/II/TW]
- East Asia scale
 - BATS/FJ/JP/PH/VN/MY

W-Phase Source Inversion

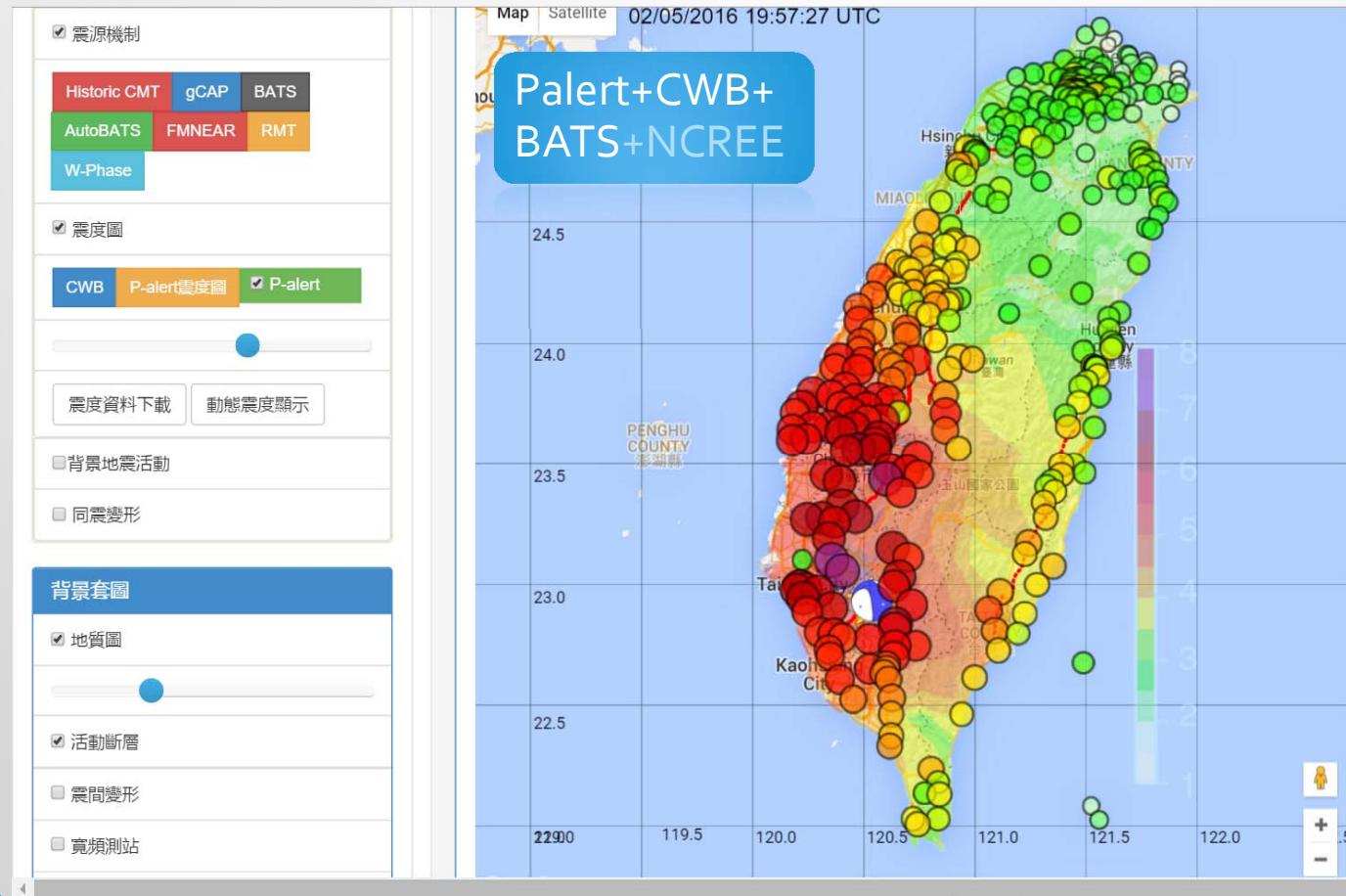
- Global scale

GCMT
solution

- [SeisComP + IU/II/TW]



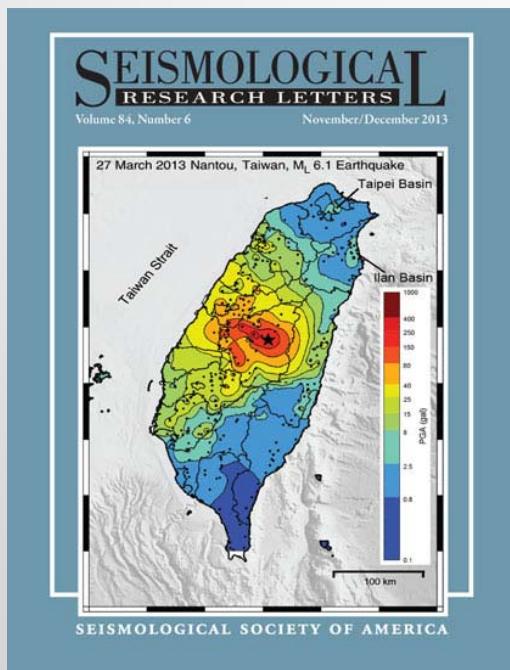
TESIS 震度資訊



Low-cost Strong Motion Network



Prof. Yih-Min Wu holding a handy Palert device

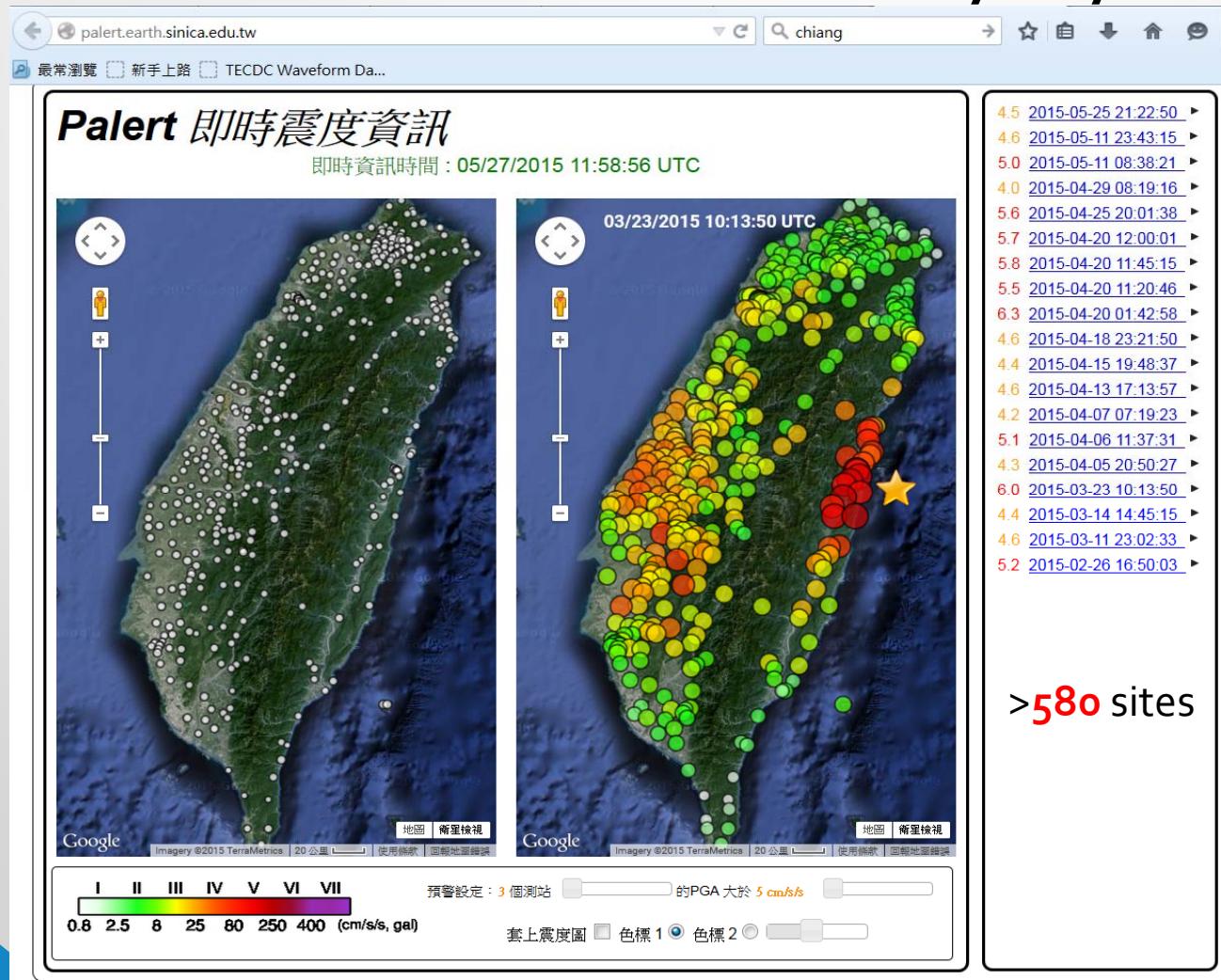


On the Cover...

On 27 March 2013, an ML 6.1 earthquake struck Nantou County, Taiwan, with vibrant shaking that caused falling rocks, claimed one life, and injured 97. A detailed shaking map was produced within one minute of the earthquake's occurrence from a real-time seismic network developed by National Taiwan University (NTU) using 400 low-cost Micro-Electro Mechanical Systems (MEMS) accelerometers. The regions of greatest shaking on the intensity map precisely indicate the location of damages and casualties, as described and discussed in Wu *et al.* (this issue). The NTU network and the shaking map it produced quickly provided essential information for understanding the earthquake's characteristics and estimating its impact.

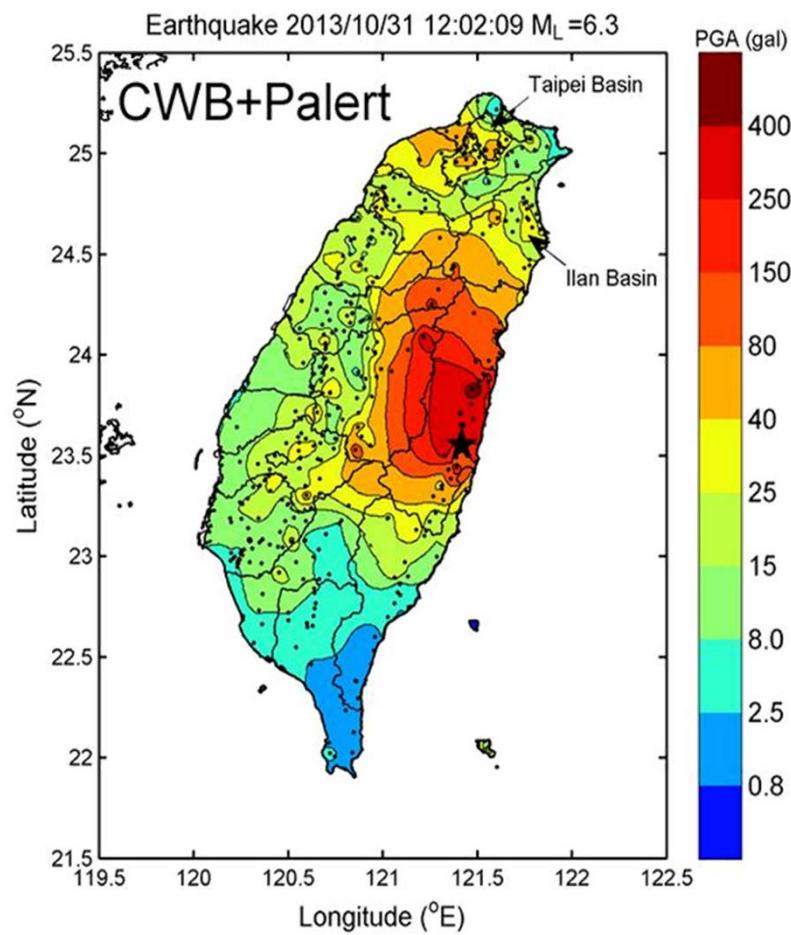
[Nov./Dec. 2013 issue of SRL](#)

P-alert Real-time Intensity System

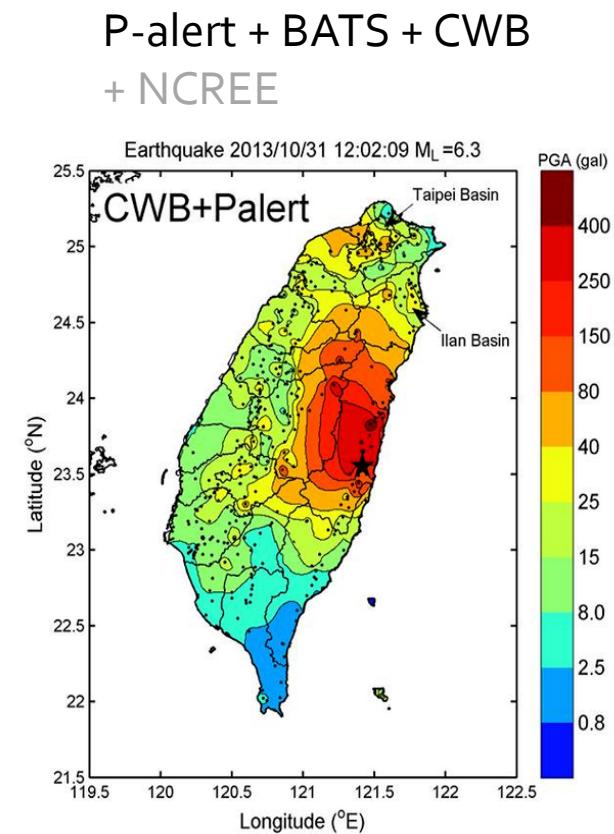
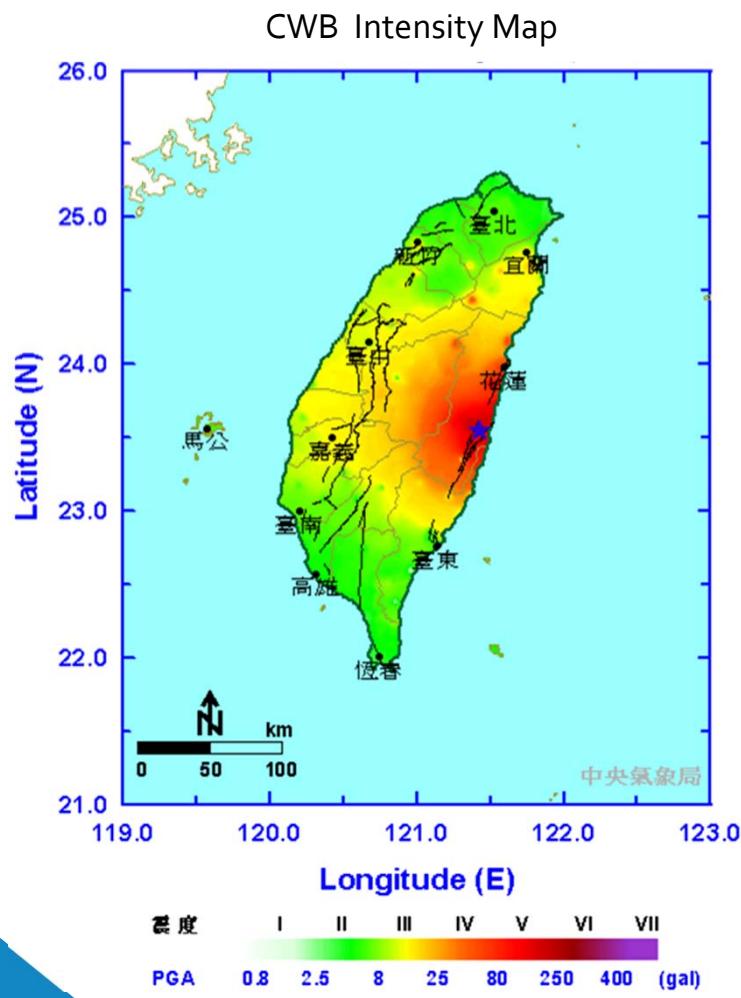


P-alert Shake Movie

Real speed: 3 seconds per frame
Play speed: 1 second per frame



Observed Real-time Seismic Intensity



TEC-CEO

Commission on Education and Outreach (CEO)

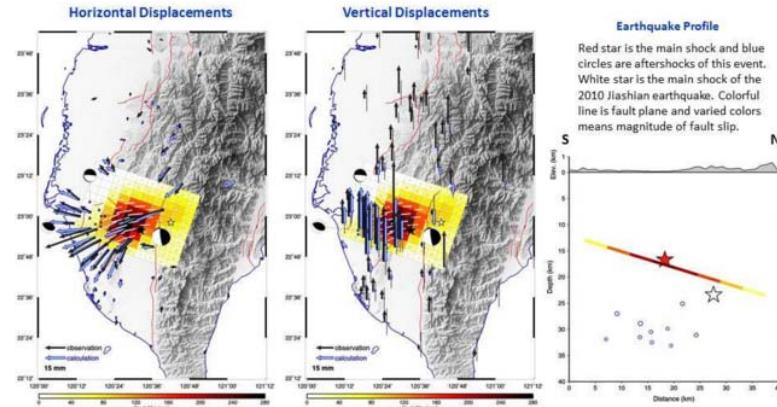
- Summarizing all available observed geophysical and geological results
- Regional tectonics
- Corresponding seismogenic structure
- Seismic hazard
- Others

Comments

1) Causative Fault (造成地震之斷層) :

從目前的主震機制、餘震位置及深度來看，地震學家似乎目前傾向於WNW-ESE走向（傾角向北）的右移逆斷層。而主震深度則顯示是西南部消脫面（約8-10公里？）以下的地殼內斷層破裂滑移，同時地殼矩規模（Mw）6.2的同震滑移似乎沒有足夠的能量往上延伸至近地表（如下圖GPS同震位移資料之模擬）；滑移範圍向量分佈，還有待後續的餘震資料等來協助分析。

Preliminary source model of the 2016 M_w 6.4 Meinong earthquake



Kuo-En Ching and Ray Y. Chuang

2) 台湾西南部之地殼能量釋放：

從近十多年來GPS的測量及地質調查顯示，西南部褶皺斷層帶近年來的擠壓滑變，似乎比較集中在消脫面上的淺部地殼，深部的能量可能未一起隨之釋放（引申：可能造成深部與淺部的應變拆解Decoupling？）；2月6日美濃地震應該是釋放了部分深部地殼累積的能量。另一方面，NE方向的擠壓壓力（P軸），也與地表褶皺帶GPS測量反映的WNW方向擠壓明顯有角度的偏移；而此NE擠壓方向卻與發生在鄰近地區之2010年甲仙地震的擠壓方向非常接近；可能的地質解釋：台灣西南部地區深部地殼與淺部地殼的大地應力不同？是否也解釋及反映了台灣西南部深部地殼往西南逃逸（Tectonic escape）的現象。

3) 房屋倒塌及損毀：

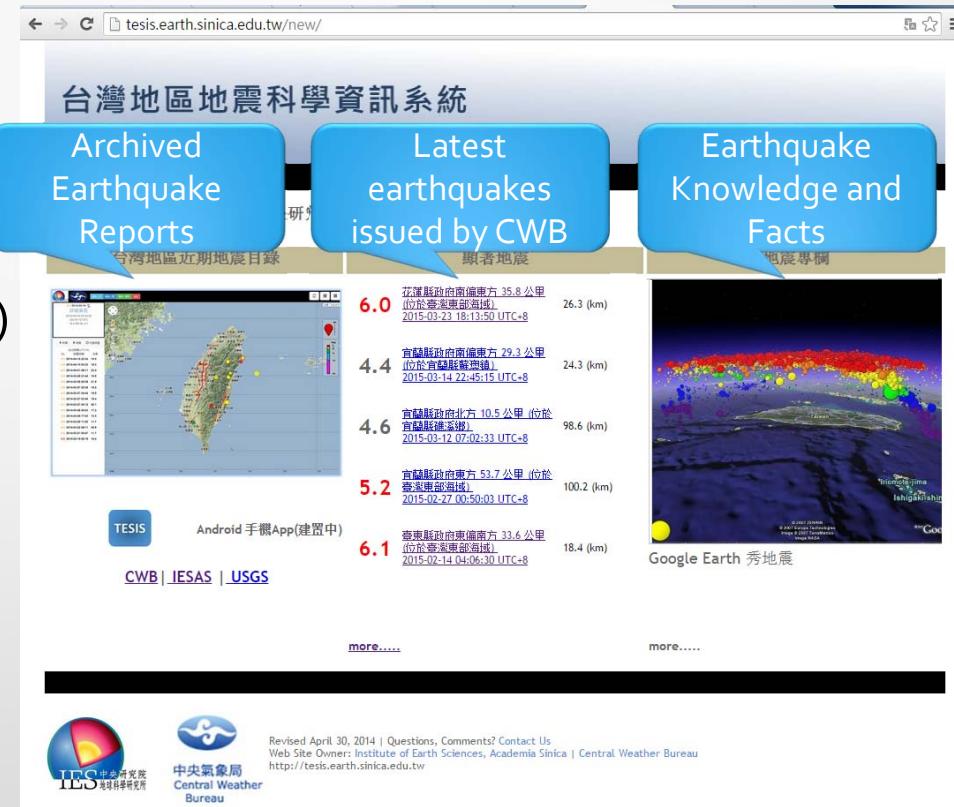
如果根據地震矩規模6.2及震源深度20 - 23公里，不預期地表會造成台南地區如此多而嚴重的房屋倒塌及損毀。這次地表建物的大規模毀損，顯然不是地表斷層破裂直接造成，也似乎不完全是地表過大的搖晃所引起（這點還有待更多的後續資料，如地震儀PGA加速度等紀錄分析等）；原因有幾個可能：如地震波輻射型態效應、地表揚場效應（如振幅放大、土壤液化）（台南地區有厚層的較軟泥岩，利於地表產生同震的液化現象），當然可能也與房屋建築耐震不佳有關。

Taiwan Earthquake Science Information System

台灣地震科學資訊系統

<http://tesis.earth.sinica.edu.tw>

- Supported by **TEC & CWB**
- CWB Rapid Information
- Focal mechanisms
- P-alert/CWB intensity map(s)
- Tectonic Descriptions
- Background layers
 - Seismicity
 - Geological map
 - Active faults
 - Inter-seismic deformation



Taiwan Earthquake Science Information System (TESIS)

現在時間： 2016/2/15 23:33

地震資訊選項

震源機制

Historic CMT gCAP BATS

AutoBATS FMNEAR RMT

W-Phase

震度圖

CWB P-alert震度圖

P-alert

背景地震活動

同震變形

背景套圖

地質圖

活動斷層

Summary : 發震時間 2016-02-06 03:57:27(UTC+8) 深度16.7 km 規模 6.4

構造

台南高雄地區的地體構造與地質背景

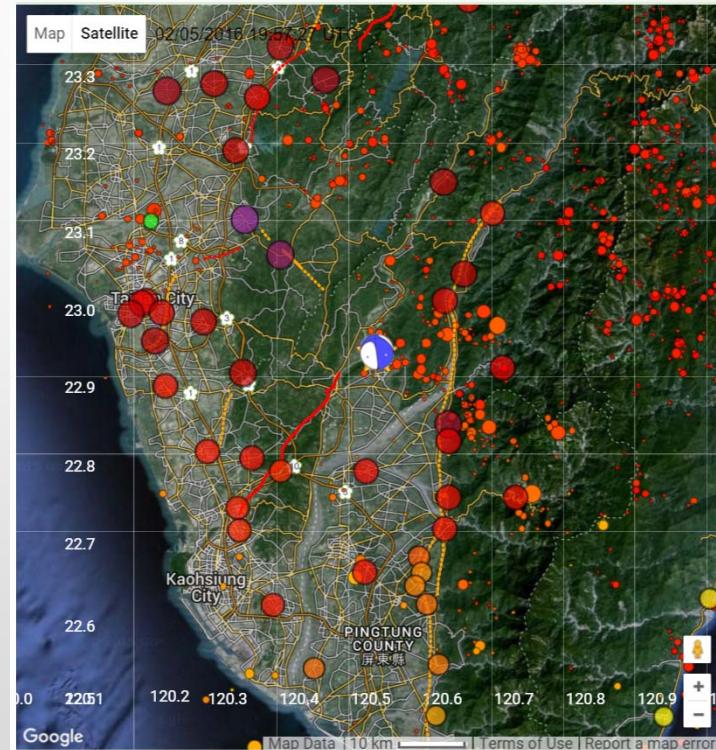
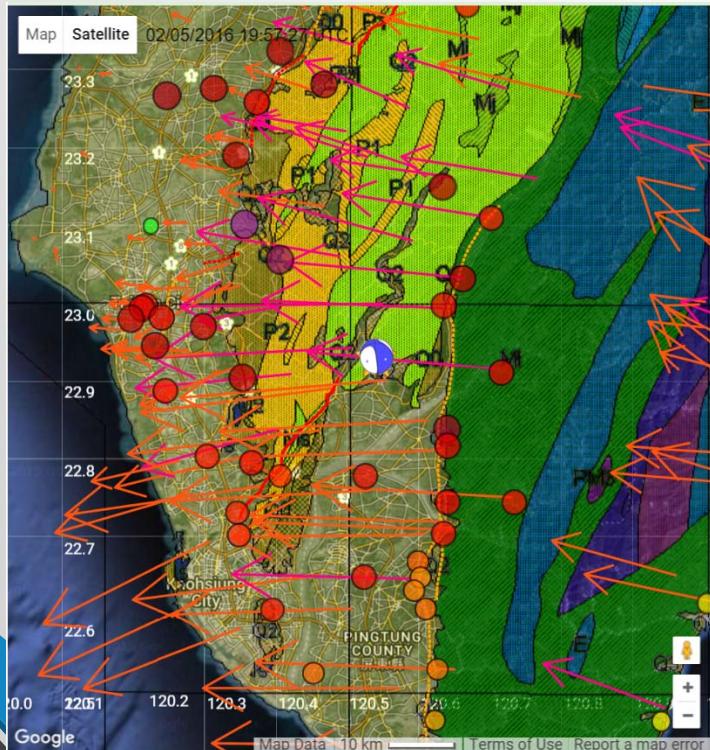
此區域位於台灣造山帶中褶皺逆衝帶的最南端，同時也是最年輕的部分。因呂宋島弧（屬菲律賓海板塊）與中國大陸邊緣（屬歐亞板塊）的斜向聚合自北向南發展，此區域的褶皺逆衝帶約一至兩百萬年前才開始發育，至今仍相當活躍，其構造以一系列南北走向近平行的逆衝斷層與相關的褶皺為主，由西向東分別為：後甲里斷層、小岡山斷層、平治斷層、龍船斷層、旗山斷層、與潮州斷層。除了這些活動逆衝斷層，台南高雄地區的快速地殼縮短變形也集中在此區域廣泛分布、厚達數公里的古亭坑層泥岩中的褶皺變形。這些逆衝斷層與相關褶皺至今，不論是歷史紀錄或地震儀器監測紀錄，都沒有發生過大型地震；因此針對此區域的活動構造長期監測其活動至關重要。

台南高雄地區紀錄過的大型地震皆發生於平移斷層。如1946年規模6.9的新化地震，發生於東北東走向的新化平移斷層，長度三十餘公里，截穿小岡山斷層北段並延伸進海岸平原區。斜向截穿此區域褶皺逆衝帶的左鎮斷層也是台南高雄地區潛在的發震斷層，2010年發生規模6.3的甲仙地震被猜測可能是此斷層深部活動所造成，但仍缺乏確鑿證據。

Background Geoscience Information

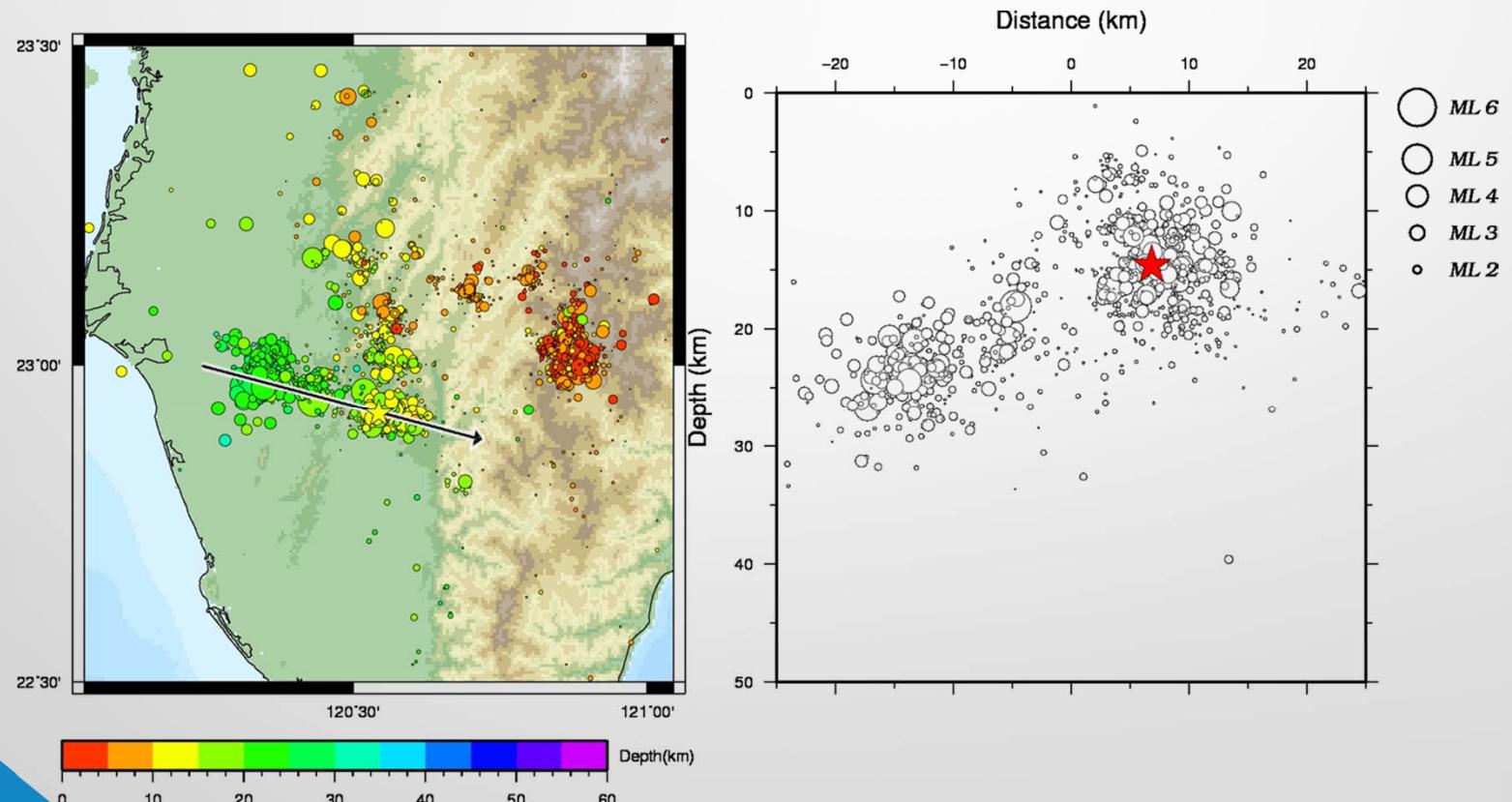
背景地球科學圖資

- Geology
- Co-/Inter-seismic deformation
- Seismic intensity
- Active faults
- Background seismicity
- Seismic intensity



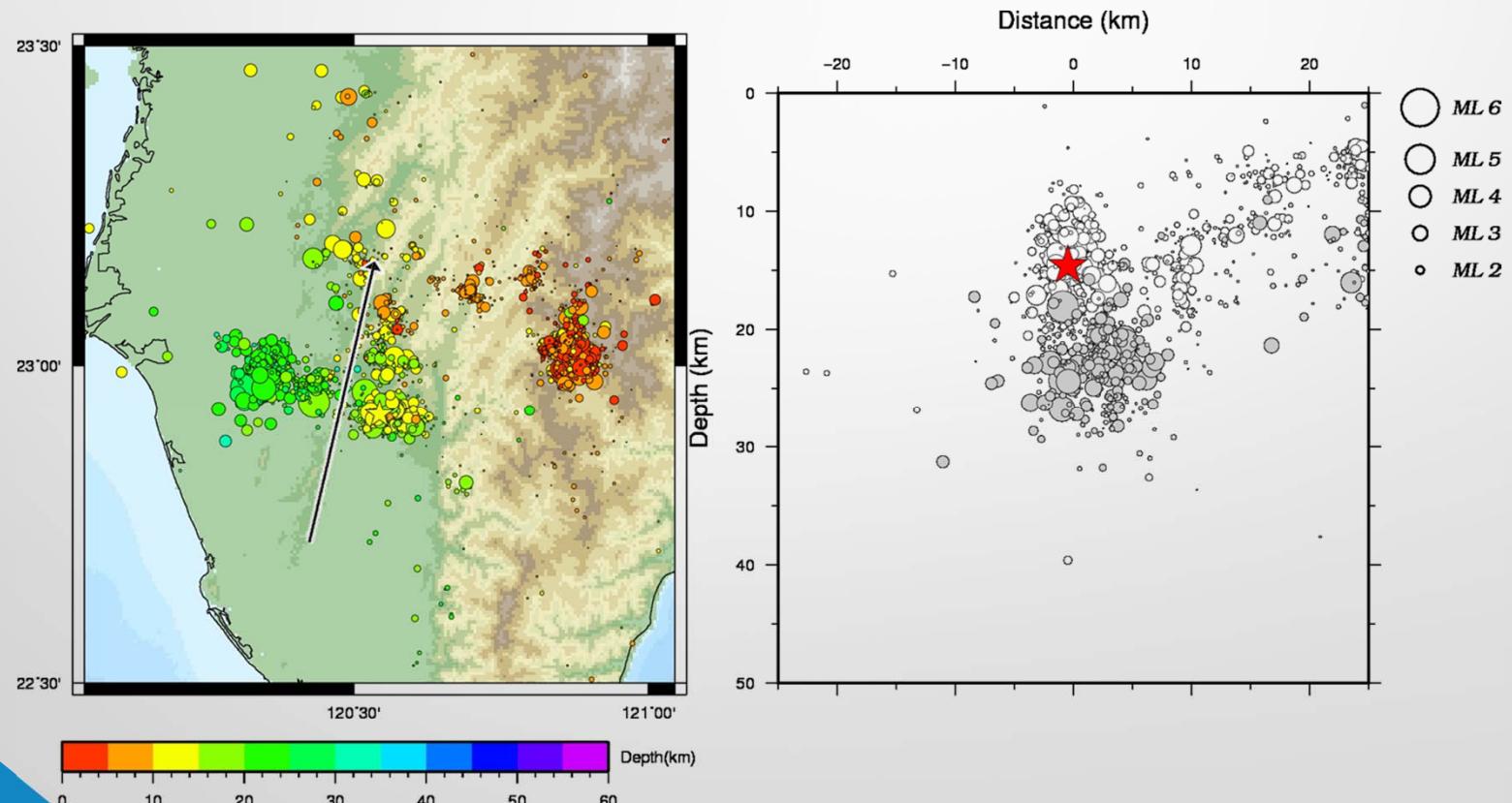
Aftershock Distribution (I)

餘震分布 (I)



Aftershock Distribution (II)

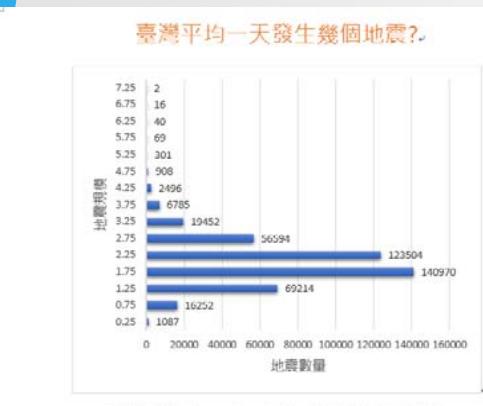
餘震分布 (II)



Taiwan Earthquake Facts

台灣的地震常識

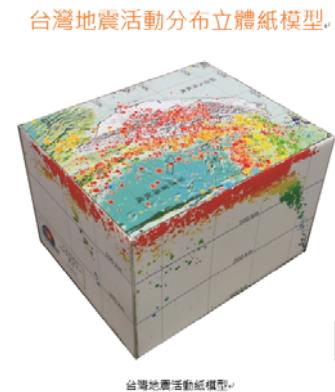
地震發生率



臺灣位於歐亞大陸板塊與新菲律賓海板塊的隱沒交界，地殼活動頻繁度之高全球知名。島上地震測站的分布密度相當高，故提供了這複雜板塊交界地帶珍貴的地震資訊。據氣象局統計資料顯示，自 1994 至 2013 年間，在約 20 年的時間內，地震深度淺於 40 公里的地震，共偵測到 428,316 個，故臺灣平均每一天發生 58.8 個地震。此外，根據上方統計圖我們可見，規模小於 1.75 的地震數量驟減，其原因是地震儀無法有效偵測到該規模以下的地震。

[閱讀更多](#)

地震分布



台灣位於歐亞大陸板塊與新菲律賓海板塊的交會處，由於板塊之間劇烈的交互作用，台灣地區的地殼變形與地震活動相當活躍。氣象局地震測報中心平均每天可偵測到超過 50 個以上的地震，這些地震通常發生在哪裡你知道嗎？而哪些區域發生地震較頻繁呢？地震學家可以透過電腦軟體將歷史地震以 3D 的方法展示，來回答上述問題，而透過地震的分布也可一窺台灣的地殼構造。現在，透過紙模型自己也可以動手做 3D 的台灣地震分布囉！趕快來試試吧！

[閱讀更多](#)

歷史地震



1906年3月17日的清晨，在嘉義地區發生了梅山地震，造成1900年以來臺南地區傷最為慘重的地震。在嘉義、雲林、臺南廣大地區造成山崩地裂、屋毀人亡，超過千人以上慘遭活埋而死亡。在歷年來的地震災害中僅次於1935年新竹台中地震、1999年集集地震、1862年台南地震，排名第四。洪棄生撰地震行中「陷落諸屋十萬家」，被認為是鼎貼切形容1906年梅山地震災害的情景，而廣為流傳。

文字及圖片來源：鄭世楠，歷史地震第三講。

Android App for mobile devices



Future Work

- Automated **Finite Fault** Source Inversions
- Crowdsourcing System (DYFI?)
- Volunteer Strong Motion Seismic Network
(Citizen Seismology, QCN-TW+Palert) (*ongoing*)
- Promotion of Science Education & Outreach

Crowdsourcing Intensity System

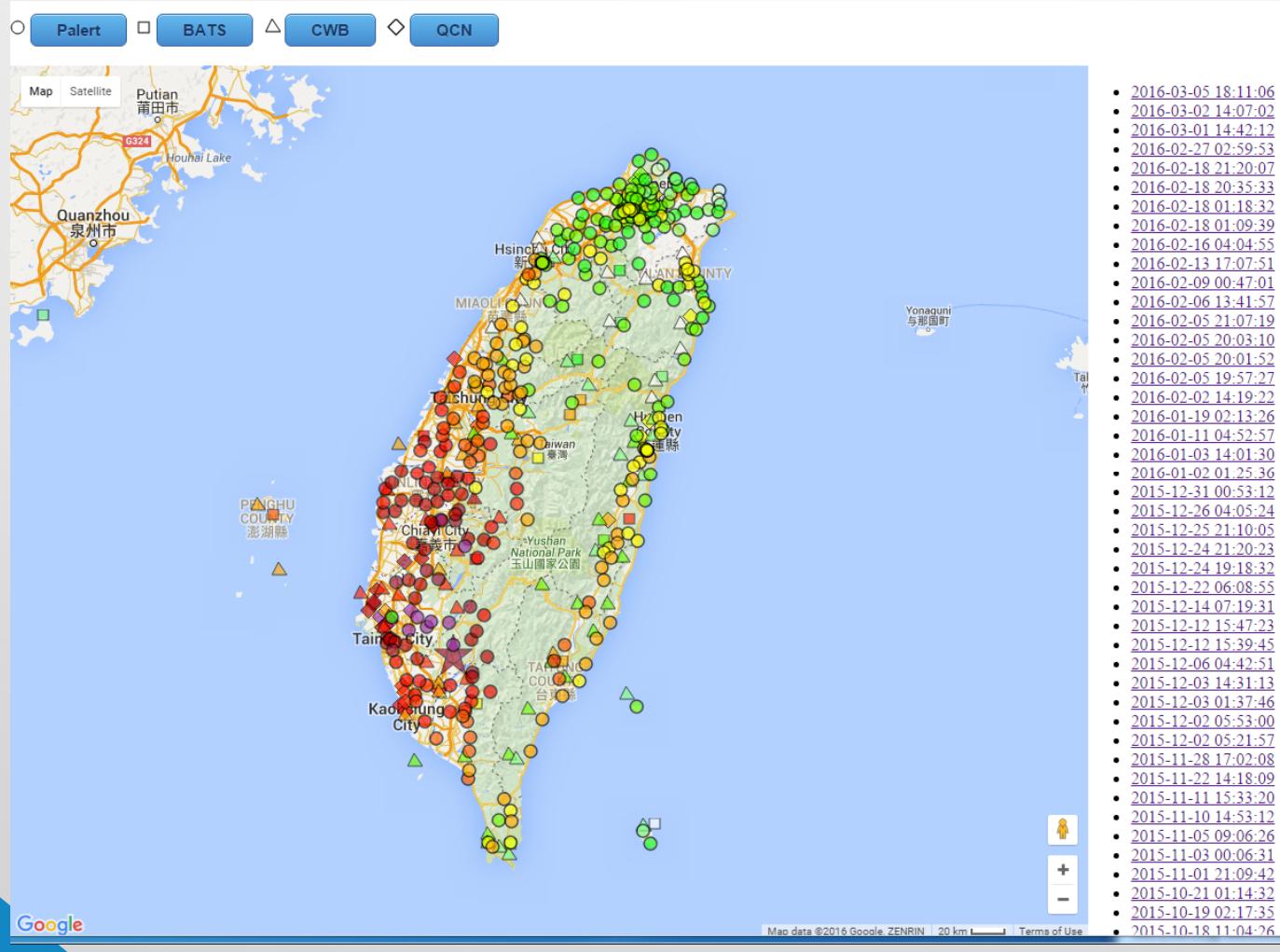
公民震度系統

The screenshot shows the homepage of the TESIS (Citizen Seismic Intensity System) website. The header features a dark background with a mountain landscape, the text 'TESIS' on the left, and '你震了嗎?' (Did you feel it?) in the center. Below the header is a navigation bar with buttons for '首頁' (Home), '地震列表' (Earthquake List), and '地震回報' (Earthquake Report). The main content area is titled '近期地震列表' (Recent Earthquake List) and displays a table of recent earthquakes. The table includes columns for 地震編號 (Earthquake ID), 臺灣時間 (Taiwan Time), 規模 (Magnitude), and 深度(km) (Depth). The data is as follows:

地震編號	臺灣時間	規模	深度(km)
(+) 小區域	2016-05-04 15:18:02	3.6	7.90
(+) 小區域	2016-05-04 15:07:00	3.8	10.70
(+) 小區域	2016-05-04 08:00:48	3.8	11.50
(+) 小區域	2016-05-04 01:50:19	3.6	16.60
(+) 小區域	2016-05-03 22:17:00	3.9	8.00
(+) 小區域	2016-05-03 21:26:01	3.6	17.20
(+) 小區域	2016-05-03 13:30:52	3.8	11.60
(+) 小區域	2016-05-03 08:44:18	3.2	10.80
(+) 052	2016-05-03 07:55:50	4.0	17.70
(+) 051	2016-05-03 04:53:36	4.2	17.00

At the bottom, there are buttons for '顯示 1 - 10 筆 / 共 119 筆' (Display 1 - 10 pages / Total 119 pages), '上一頁' (Previous Page), page numbers 1, 2, 3, 4, 5, ..., 12, and '下一頁' (Next Page).

Citizen Seismic Intensity





Thank you!