



# 台灣地震災害 潛勢分析

馬國鳳  
中央大學 地球科學系

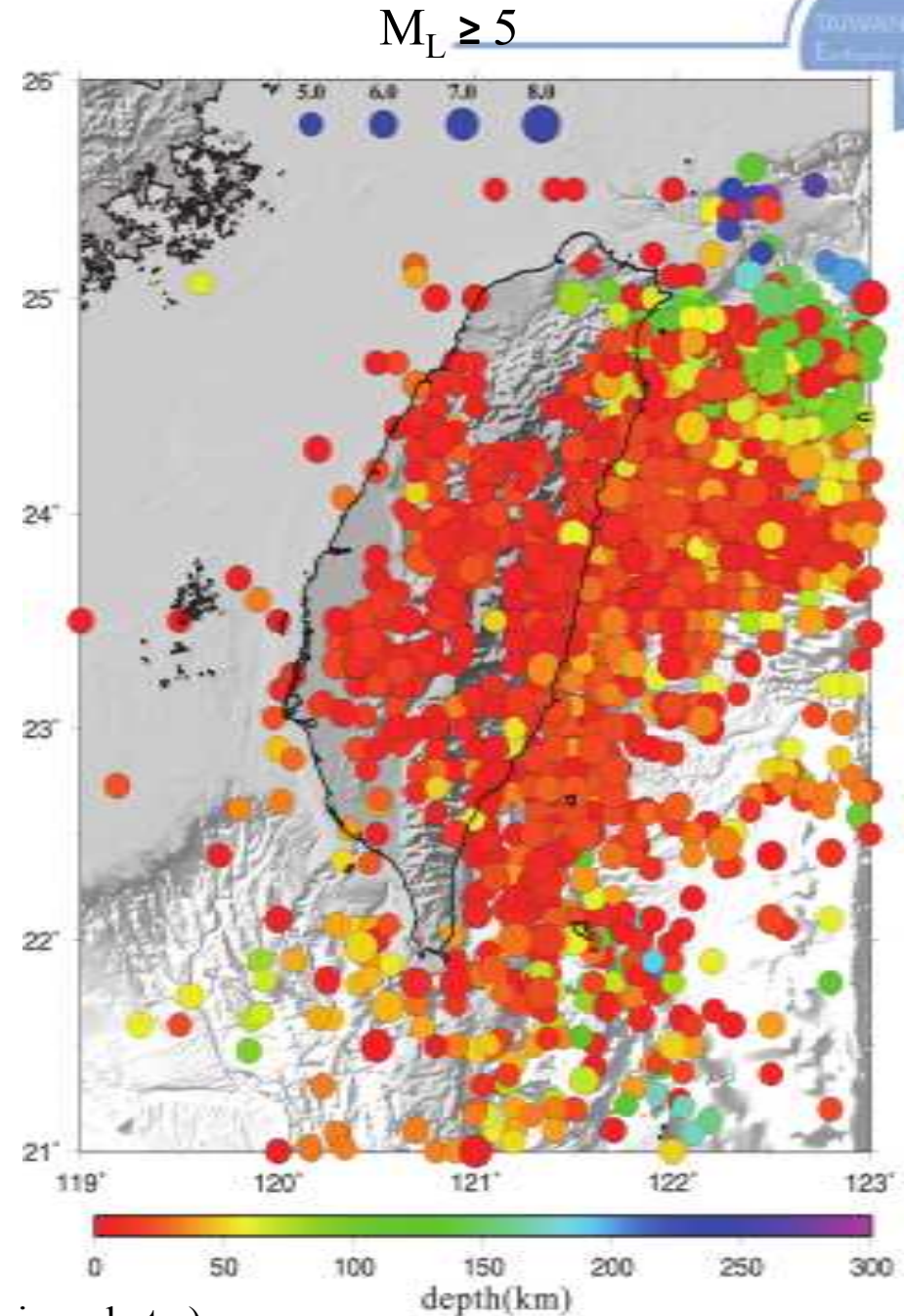
致謝：顏銀桐 謝銘哲 中興顧問社  
李雅淳 中央大學

# Seismicity

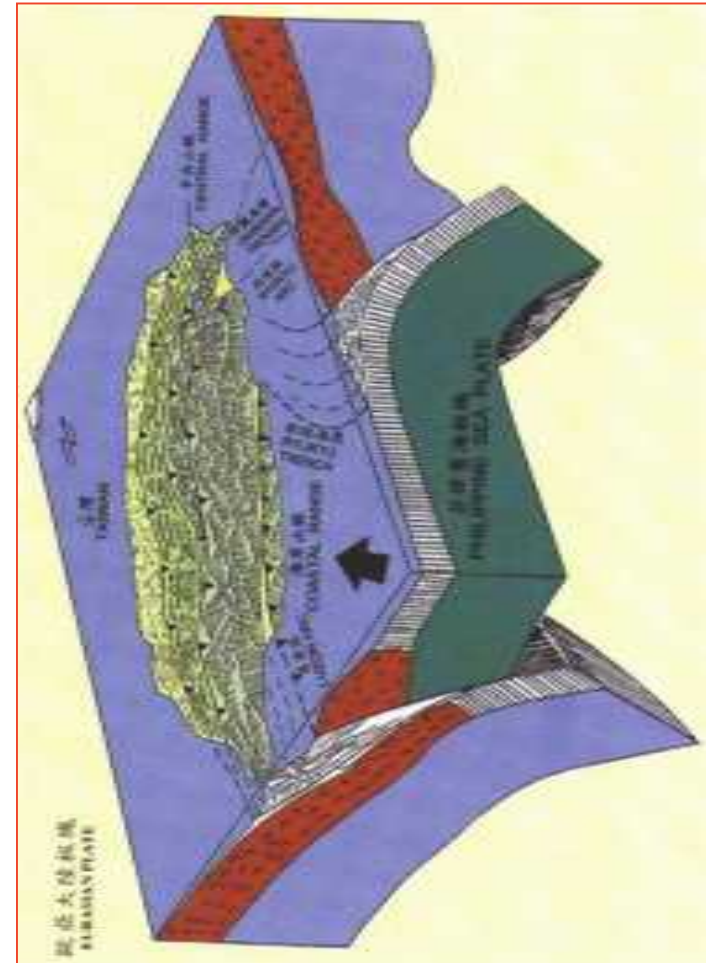
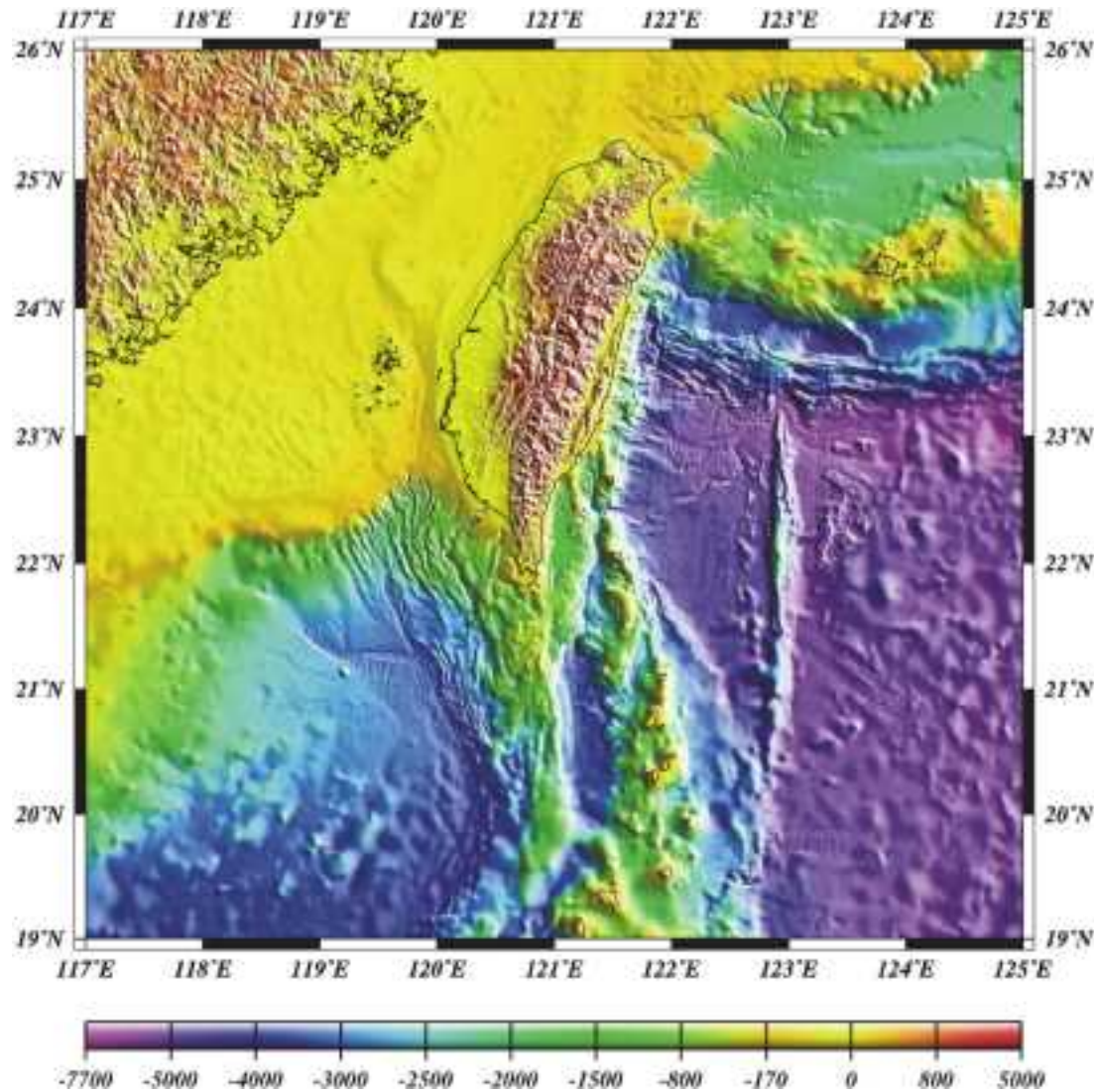
## 1900.01.01 ~ 2010.02.28

119°E~123°E, 21°N ~26°N

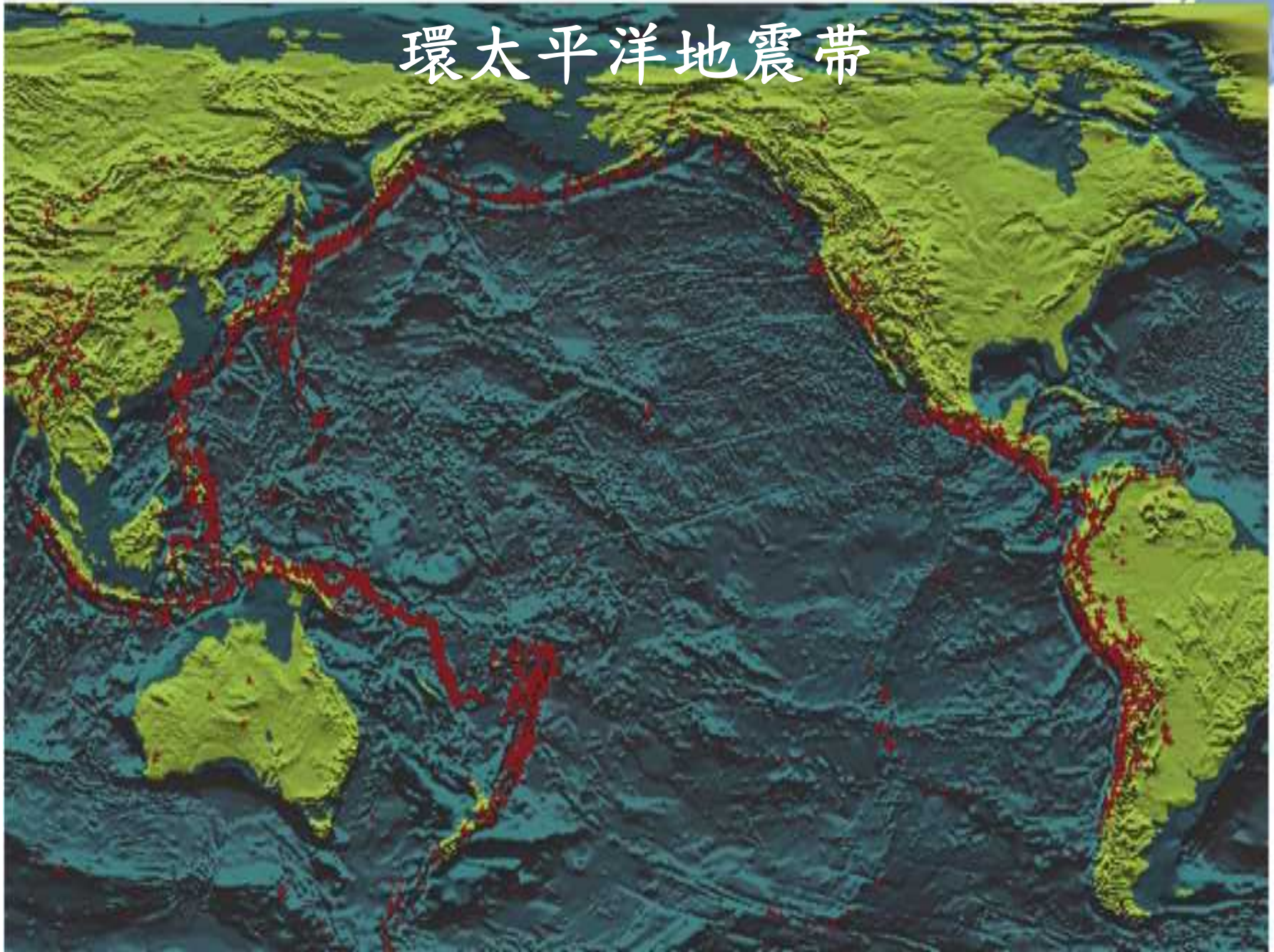
$M_L$	發震次數	平均每年發震次數
$M_L < 3$	385998	3509
$3 \leq M_L < 4$	56303	512
$4 \leq M_L < 5$	9856	90
$5 \leq M_L < 6$	1843	17
$6 \leq M_L < 7$	184	2
$7 \leq M_L < 8$	39	0.4
$M_L \geq 8$	1	

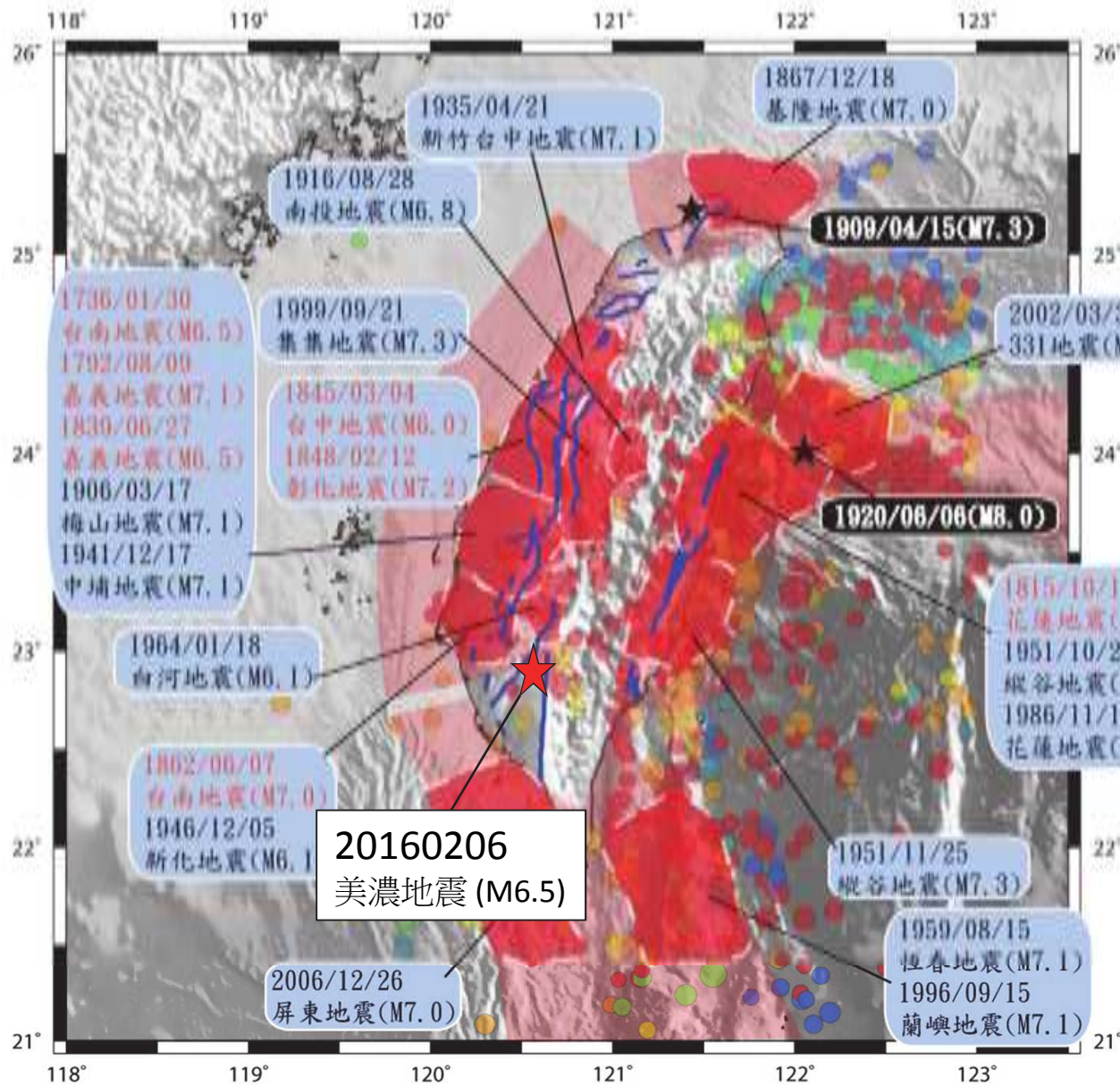


# Bathymetry and Tectonic Setting near Taiwan



# 環太平洋地震帶

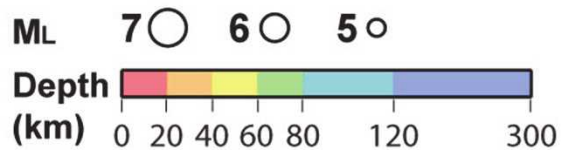




1600~  
災害地震

背景地震

1975-2010  
M>5



Importance of  
Studying historical earthquakes

# 台灣地震模型: 台灣地震危害潛勢 Taiwan Earthquake Model (TEM) 2013~



## Hazard 危害 (PSHA 2015)

(faulting & shaking)

- Active faults/Seismogenic Structure  
活動斷層 孕震構造
- Historical earthquakes 歷史地震
- Geodetic strain 大地變形
- Ground motion prediction equations and simulation  
地動預估及地震景況模擬
- Shaking amplification in soil and basins 放大效應

Risk 風險  
(deaths & damage)

(NCDR)

- Exposure 暴露性  
Population  
Buildings  
Remote sensing
- Vulnerability 脆弱性  
Damage data  
Fragility functions

社經衝擊  
Social Impact  
(change actions)

- Decision tools 政策 => 防救災
- Urban scenarios 景況 => 防救災
- Risk transfer tools 轉移 => 保險  
Building design codes  
耐震 => 工程

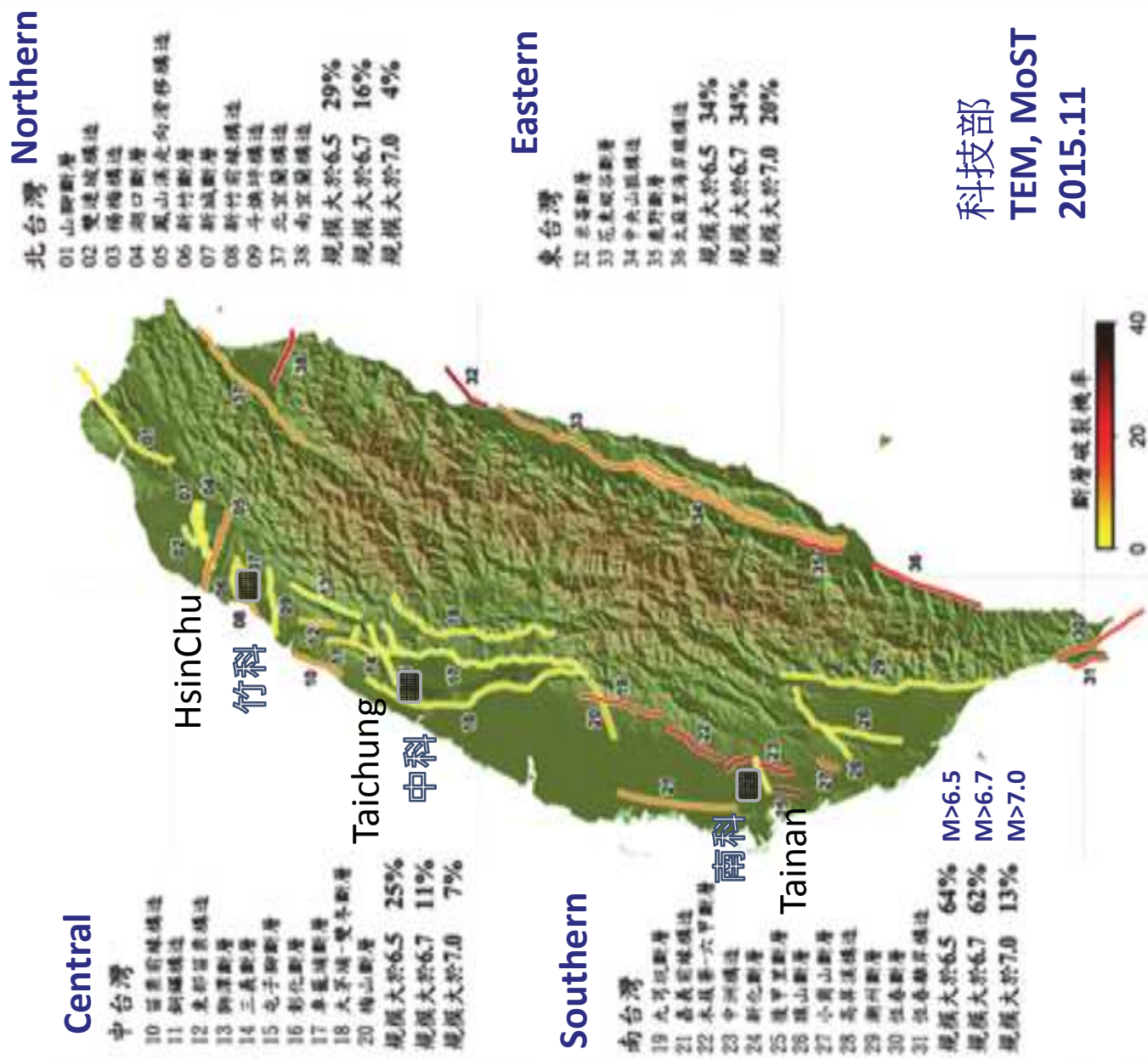
中央大學地科系 馬國鳳 教授  
成功大學地科系 饒瑞君 教授

Global Earthquake Model, GEM, OpenQuake  
台灣 日本 紐西蘭 建立國際共識地震危害度分析



# Probability on earthquake potential in next 30 years from seismogenic structure

## 未來30年台灣孕震構造之發震機率圖



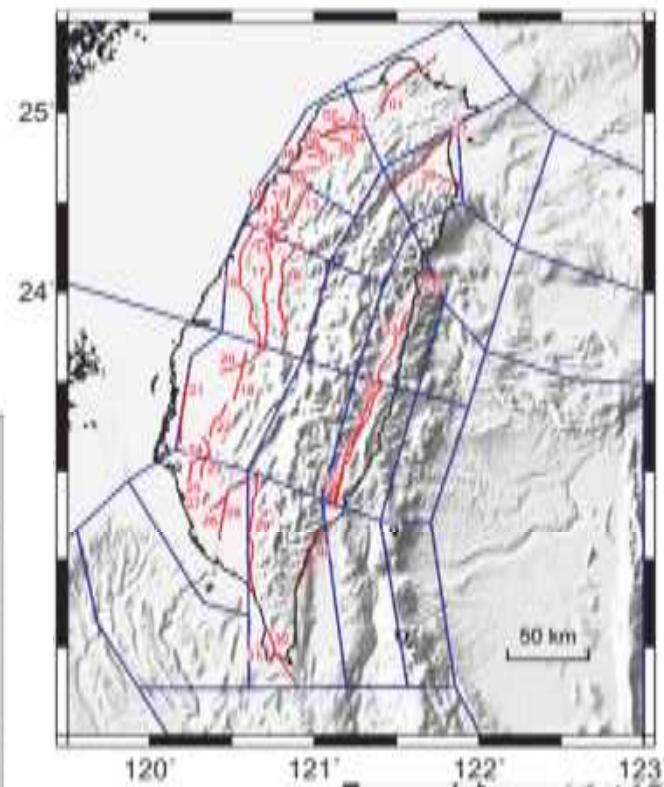
科技部  
TEM, MoST  
2015.11

此計算參考台灣地震模型所提供之孕震構造參數。  
孕震構造13,15,16,17,20,22,24,32,33採用布朗過程時間模型  
(BPT)，其餘孕震構造使用泊松模型(Poisson)估算。

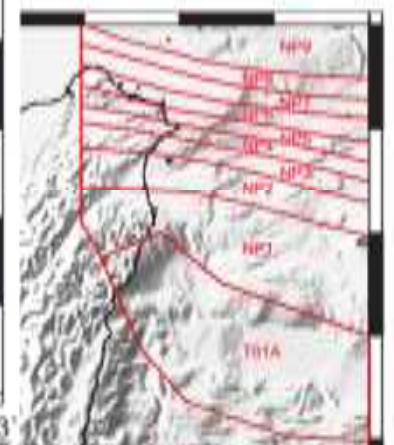


基準日2015年1月1日

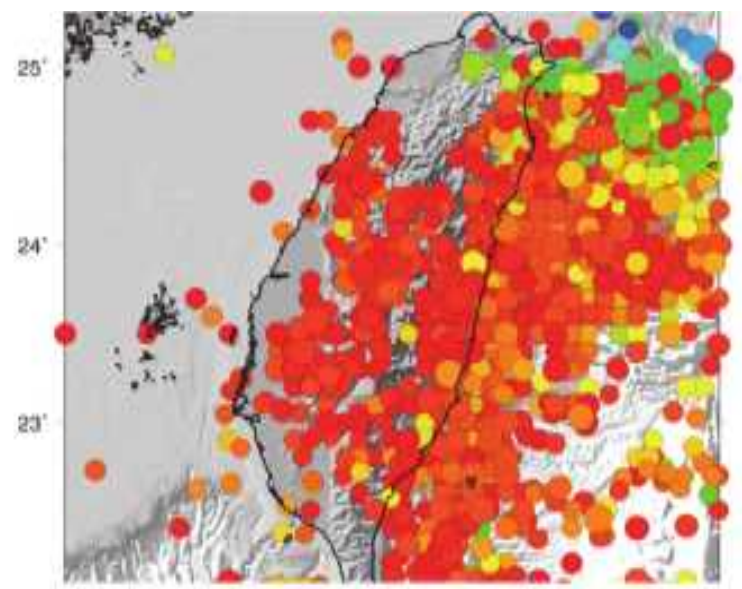
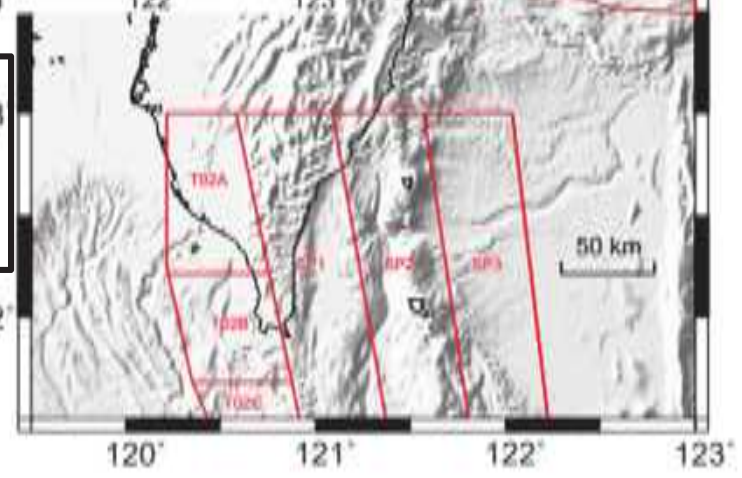
### 地殼地震



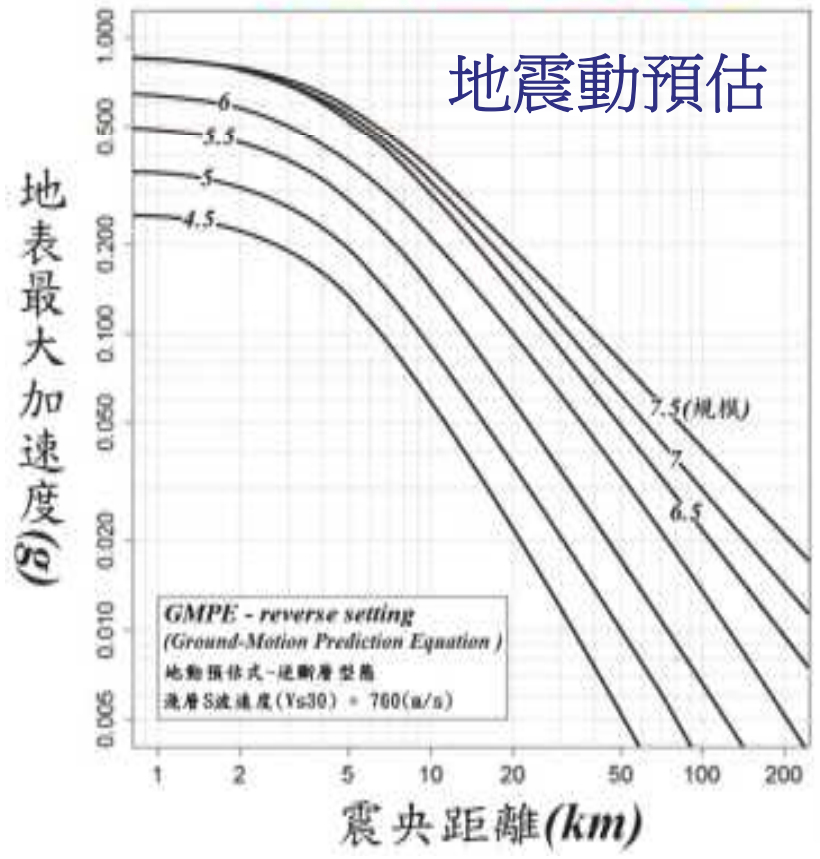
### 隱沒帶地震



發生機率  
地震動機率  
(震度機率)



### 地震動預估

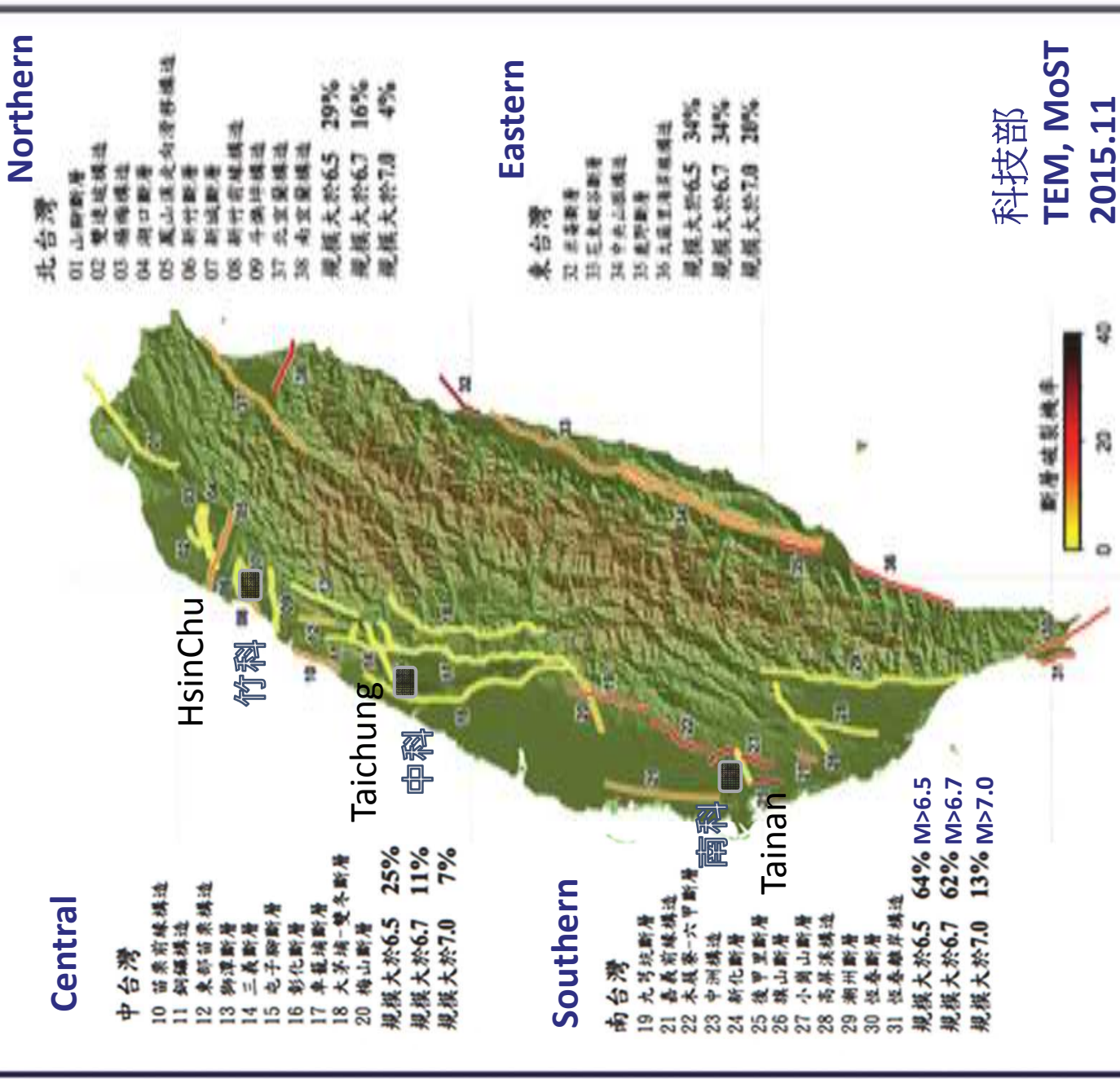


震央距離(km)



# Probability on earthquake potential in next 30 years from seismogenic structure

## 未來30年台灣孕震構造之發震機率圖

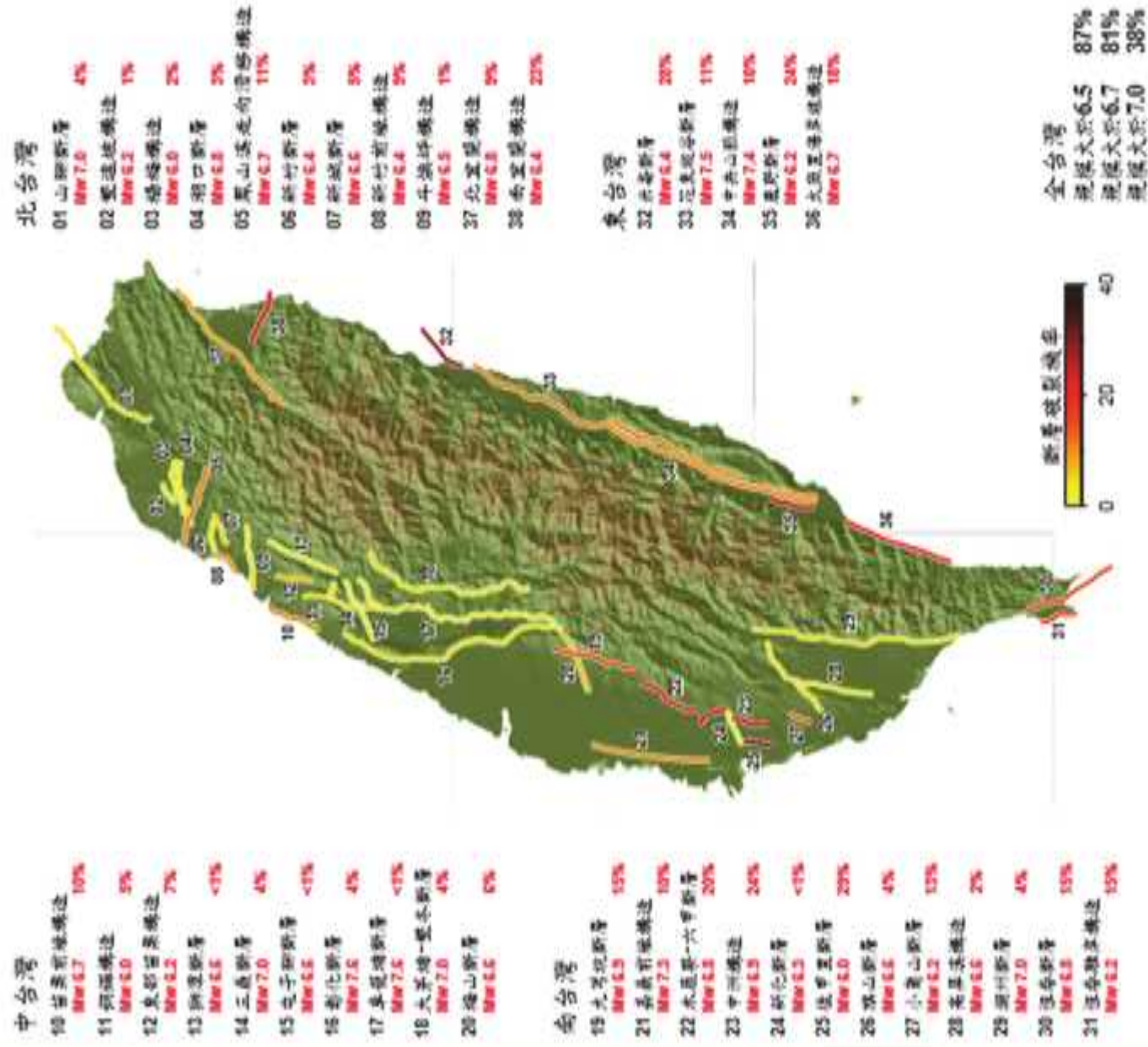


此計算參考台灣地震模型所提供之孕震構造參數。孕震構造13,15,16,17,20,22,24,32,33採用布朗過程時間模型(BPT)，其餘孕震構造使用泊松模型(Poisson)估算。



基準日2015年1月1日

# 未來30年台灣孕震構造之發震機率圖



紅色標示各孕震構造可能發生之最大規模與其發震機率。  
此計算參考台灣地震模型所提供之孕震構造參數。  
孕震構造13,15,16,17,20,22,24,32,33採用布朗過程時間模型(BPT)，其餘孕震構造使用泊松模型(Poisson)估算。



基準日2015年1月1日

# 未來五十年超越機率10% 地震危害潛勢 National Seismic Hazard Map (10% exceedance in 50 years on ground motion, 475 years return period)



Peak Ground Acceleration, PGA

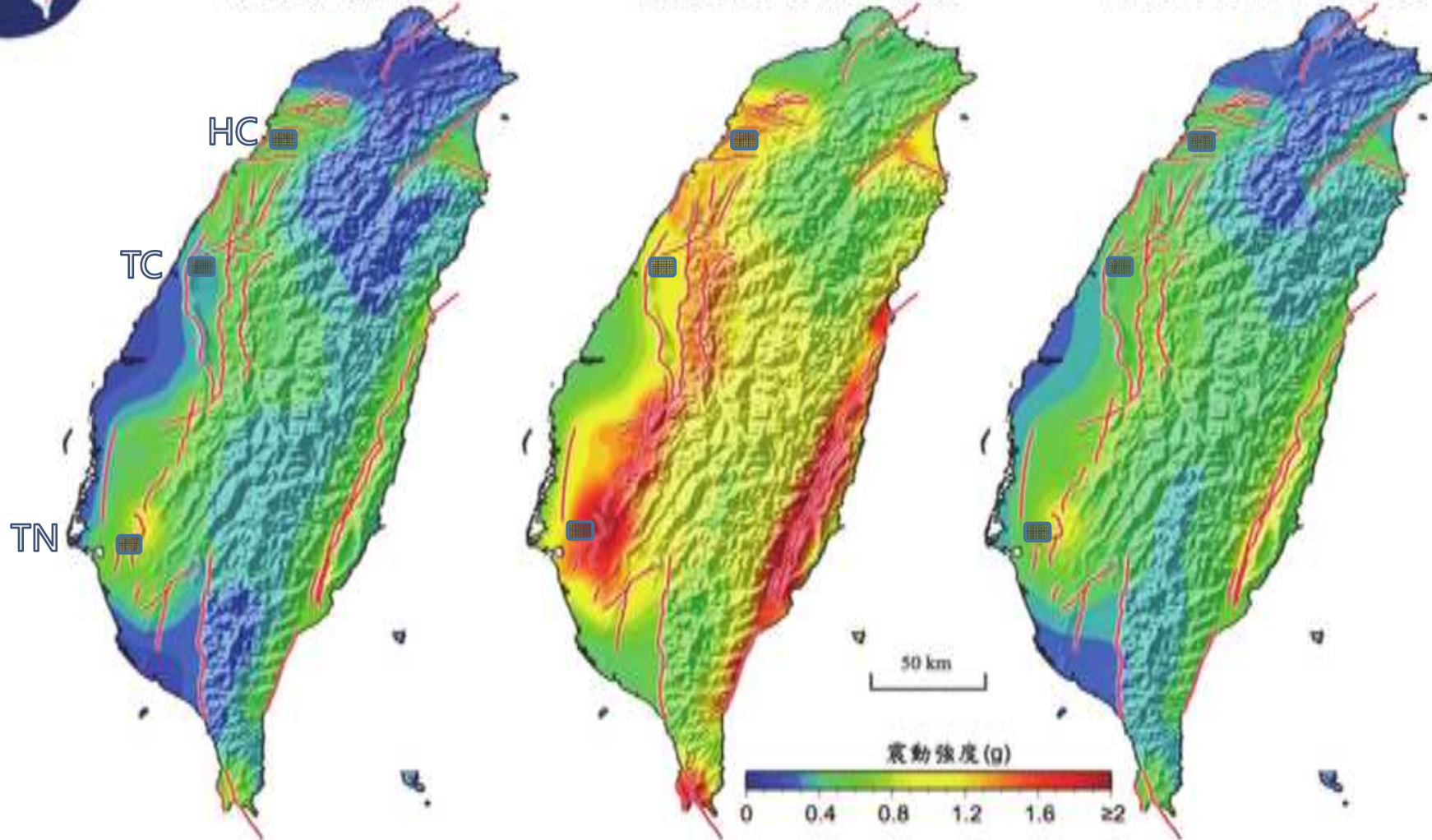
地表振動強度

Response Spectra, Sa0.3 sec

低樓層建物振動強度

Sa1.0 sec

高樓層建物振動強度

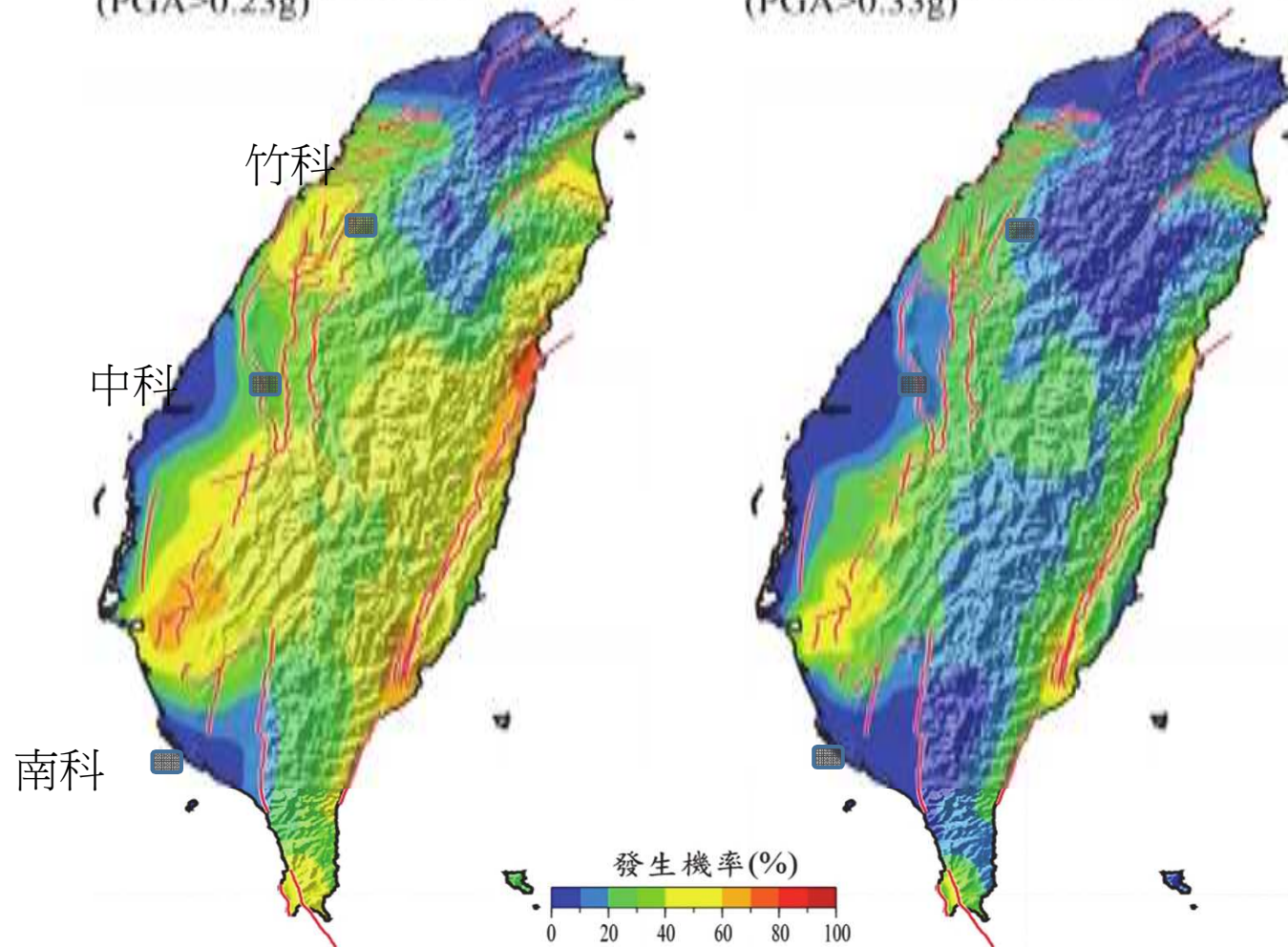


以台灣地震模型之斷層參數，評估台灣地區地表振動強度(PGA)低樓層建物振動強度(Sa0.3)，以及高樓層建物振動強度(Sa1.0)，在50年內超越機率10%之可能振動強度值分佈圖。

# 地表振動強度機率分布圖

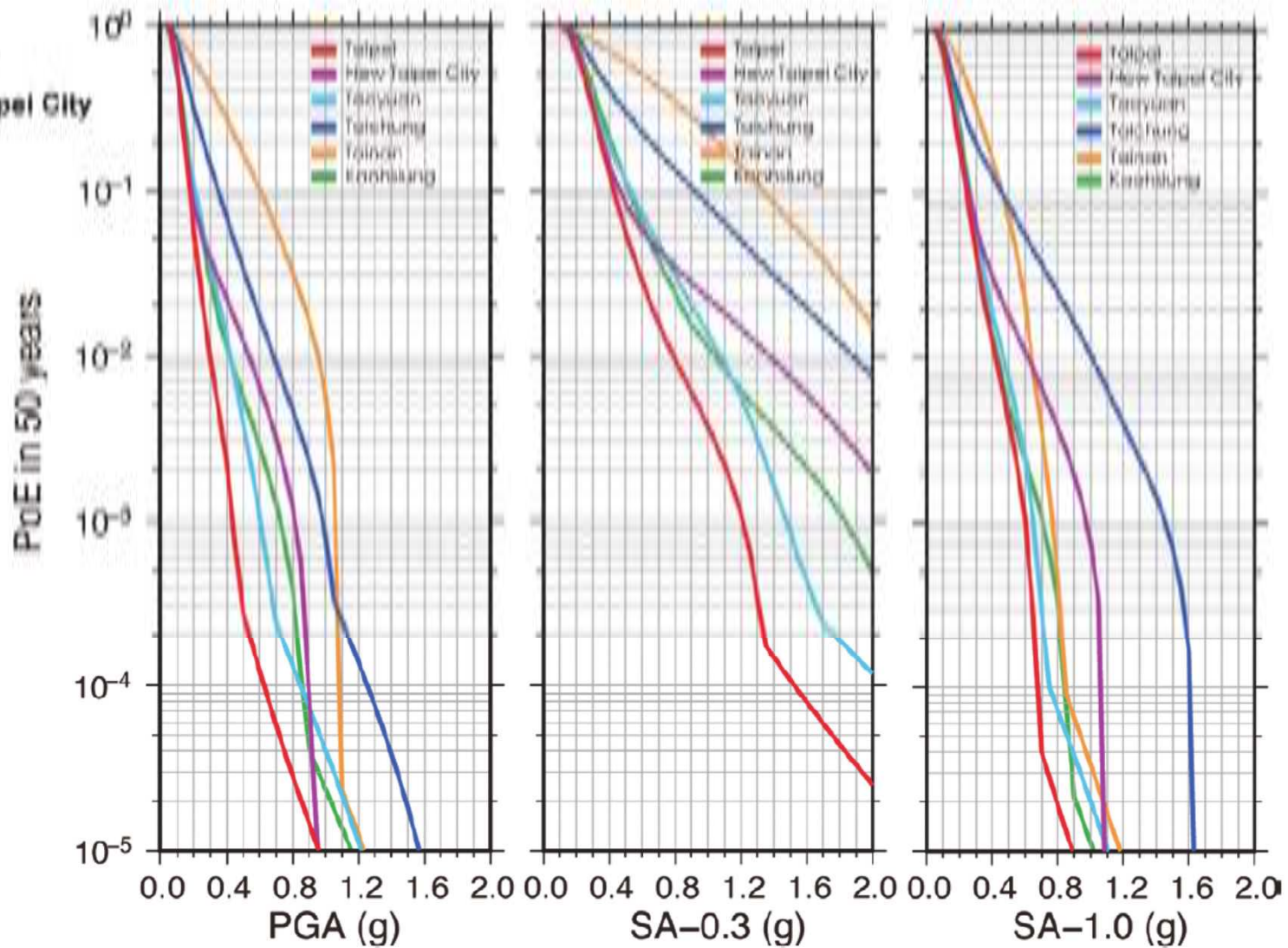
地表震度達到五級以上  
(PGA>0.23g)

地表震度達到六級以上  
(PGA>0.33g)



本圖表示地表振動強度PGA達0.23g以上及PGA達0.33g以上之機率分布圖。

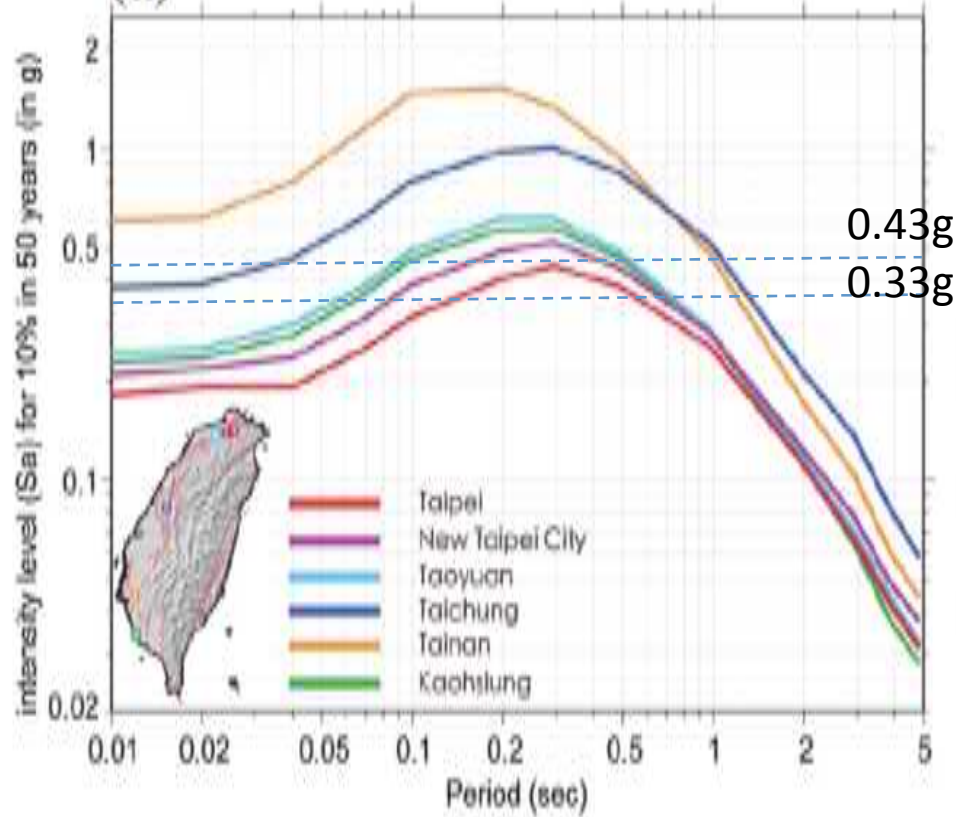
\*PGA(peak ground acceleration):最大地表加速度值



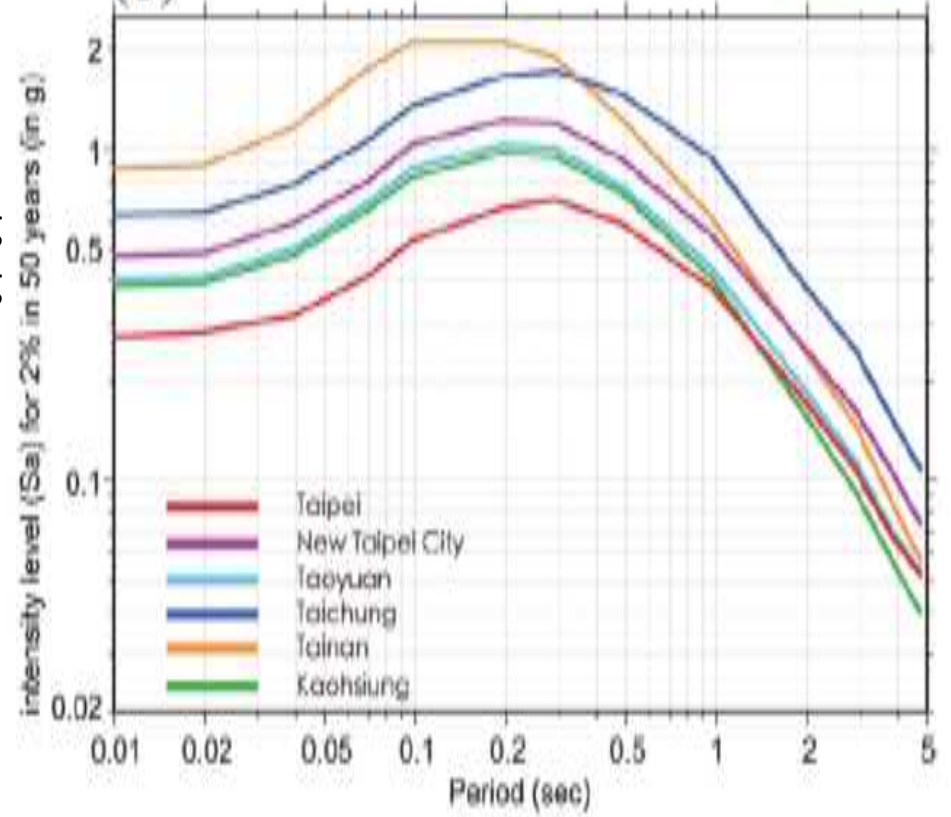
# Sa Intensity level with period



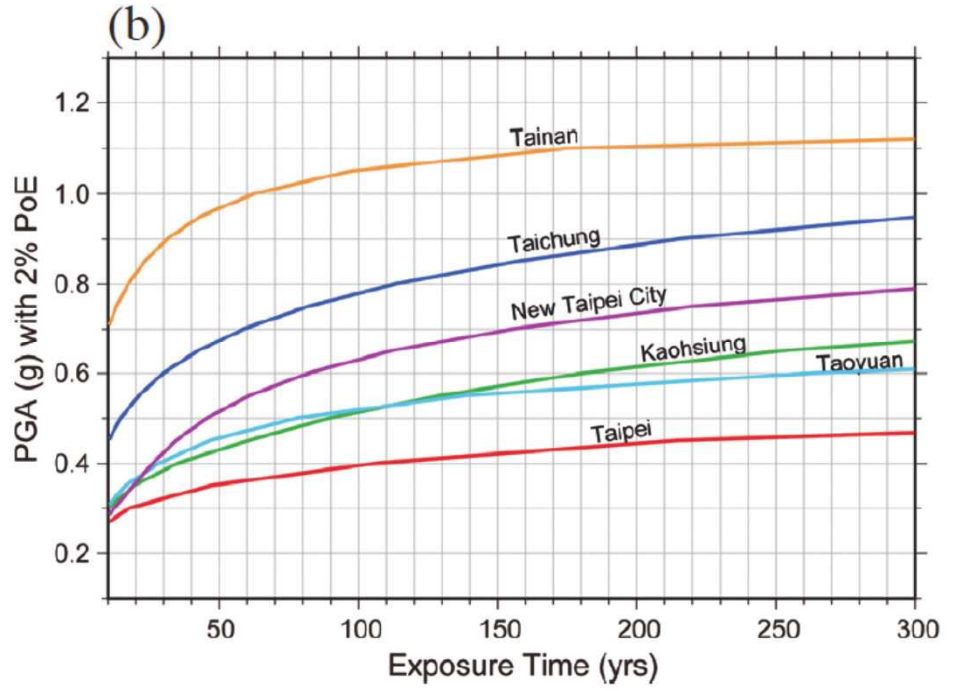
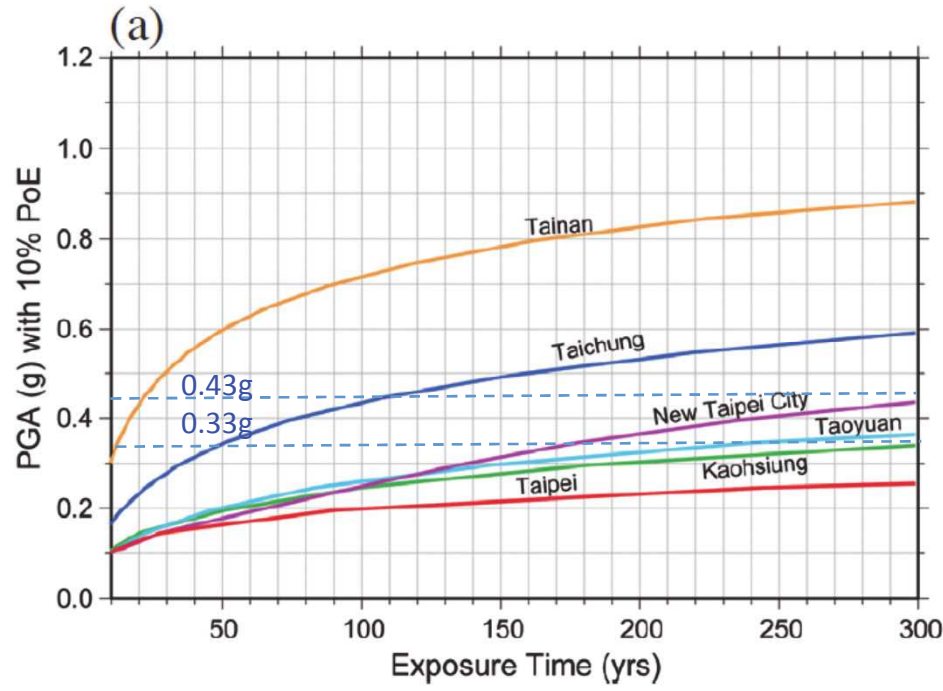
(a) 475 years return period



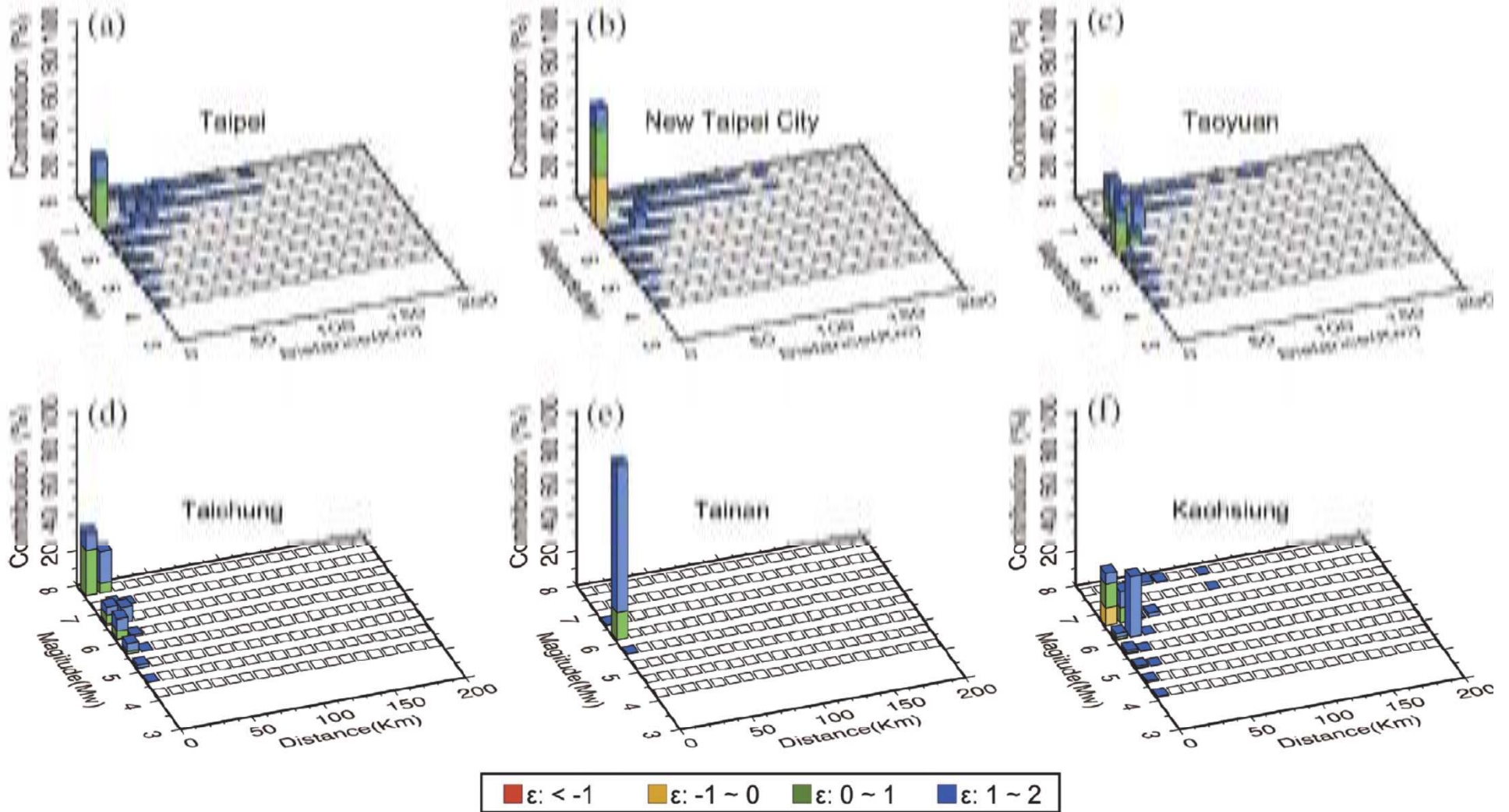
(b) 2475 years return period



# PGA with Exposure time



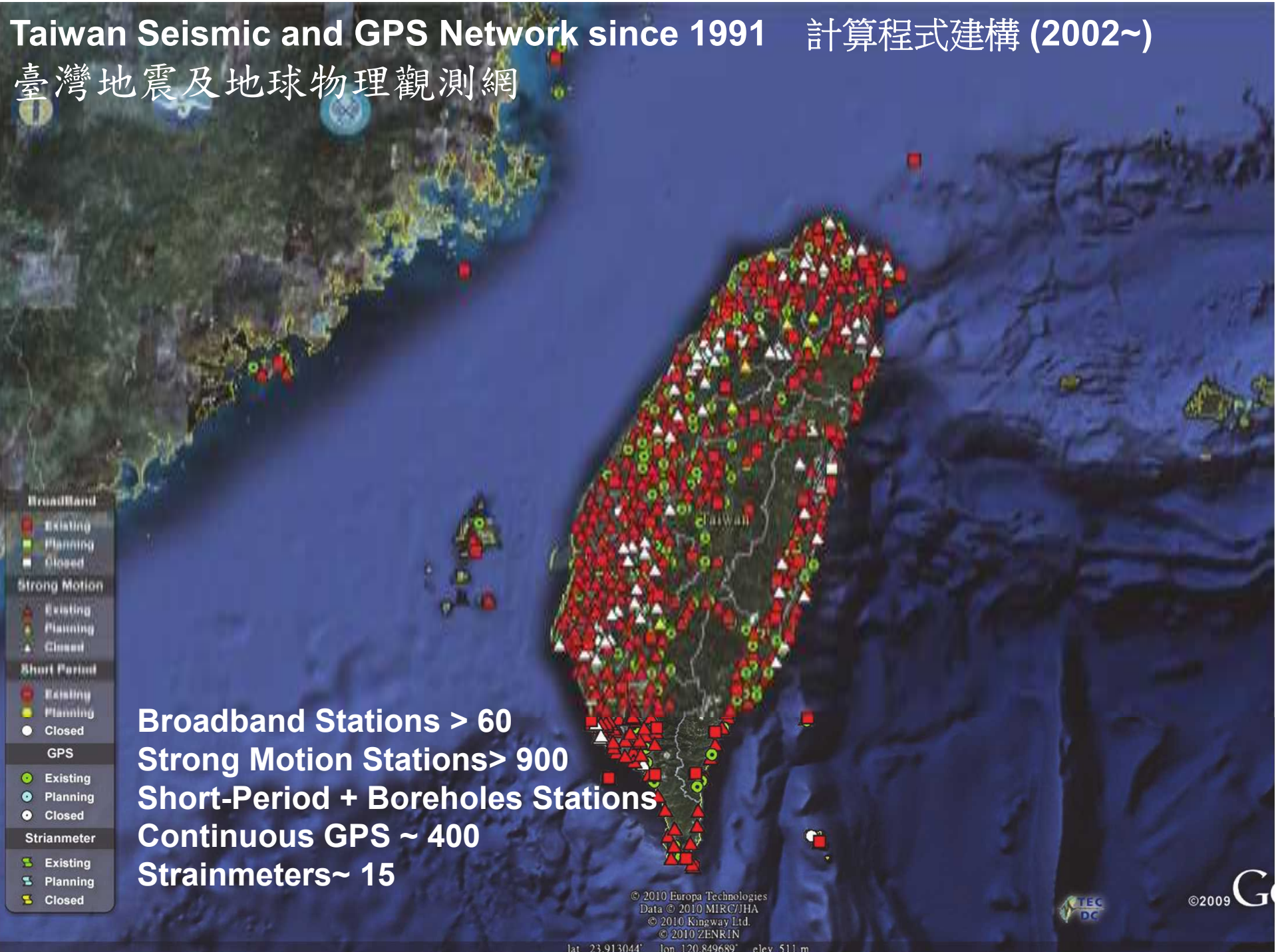
# Disaggregation in Magnitudes and Distances





# Taiwan Seismic and GPS Network since 1991 計算程式建構 (2002~)

## 臺灣地震及地球物理觀測網



**Broadband Stations > 60**  
**Strong Motion Stations > 900**  
**Short-Period + Boreholes Stations**  
**Continuous GPS ~ 400**  
**Strainmeters ~ 15**

- BroadBand**
  - Existing
  - Planning
  - Closed
- Strong Motion**
  - Existing
  - Planning
  - Closed
- Short Period**
  - Existing
  - Planning
  - Closed
- GPS**
  - Existing
  - Planning
  - Closed
- Strainmeter**
  - Existing
  - Planning
  - Closed

© 2010 Europa Technologies  
Data © 2010 MIRC/JHA  
© 2010 Kingway Ltd.  
© 2010 ZENRIN

lat 23.913044° lon 120.849689° elev 511 m

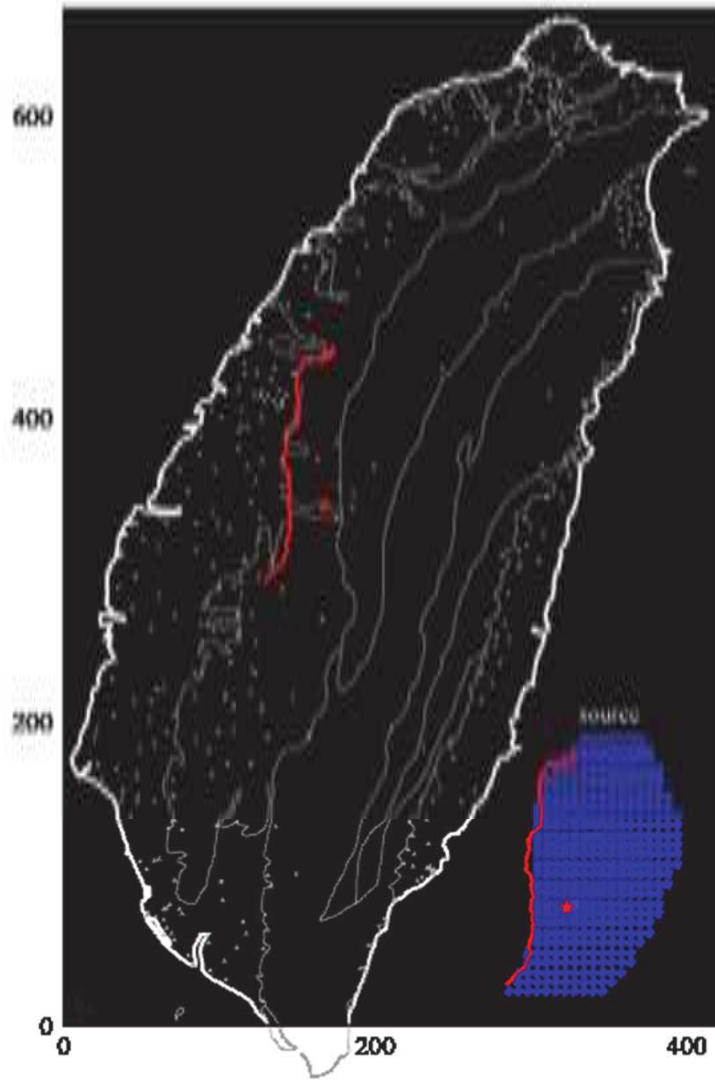
1999/09/21 01:47:16.0

After Initial Time : 000.0sec

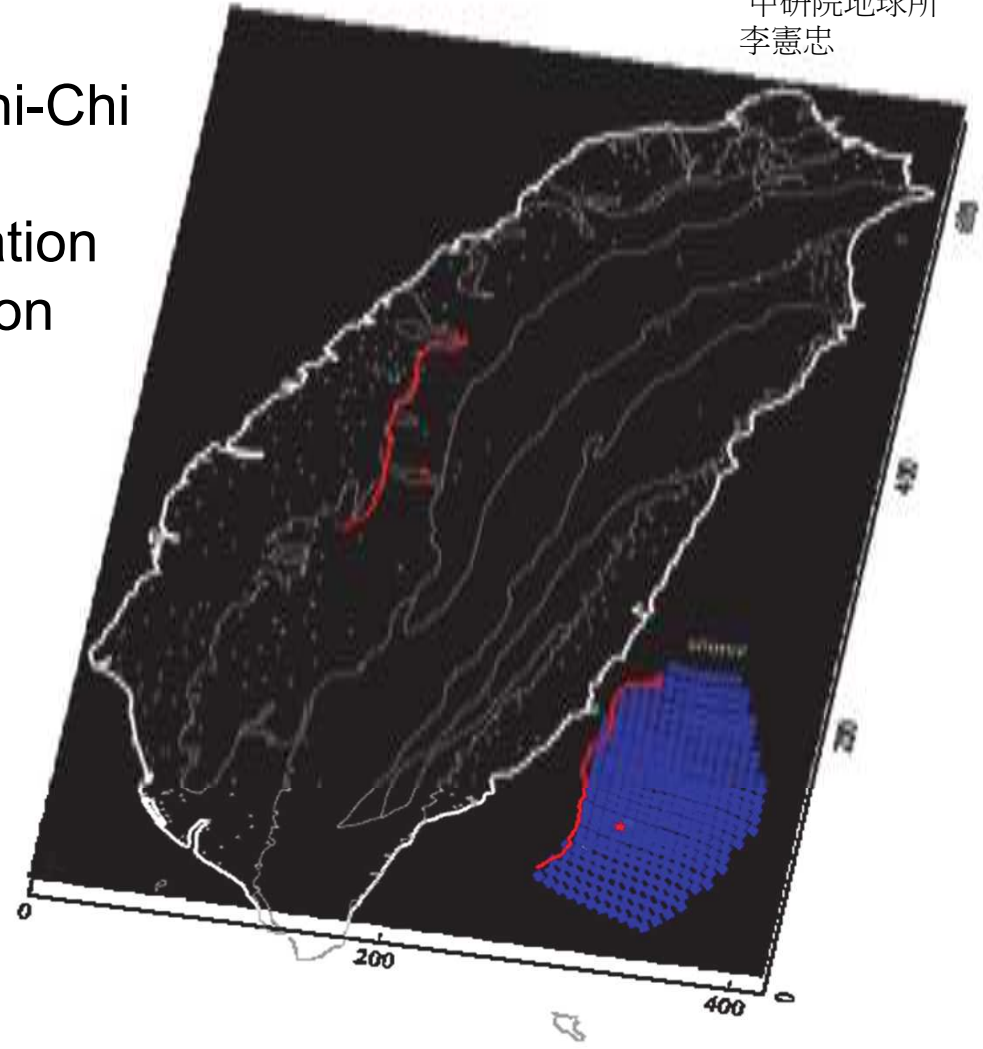


### 集集地震震波傳遞 模擬

中研院地球所  
李憲忠

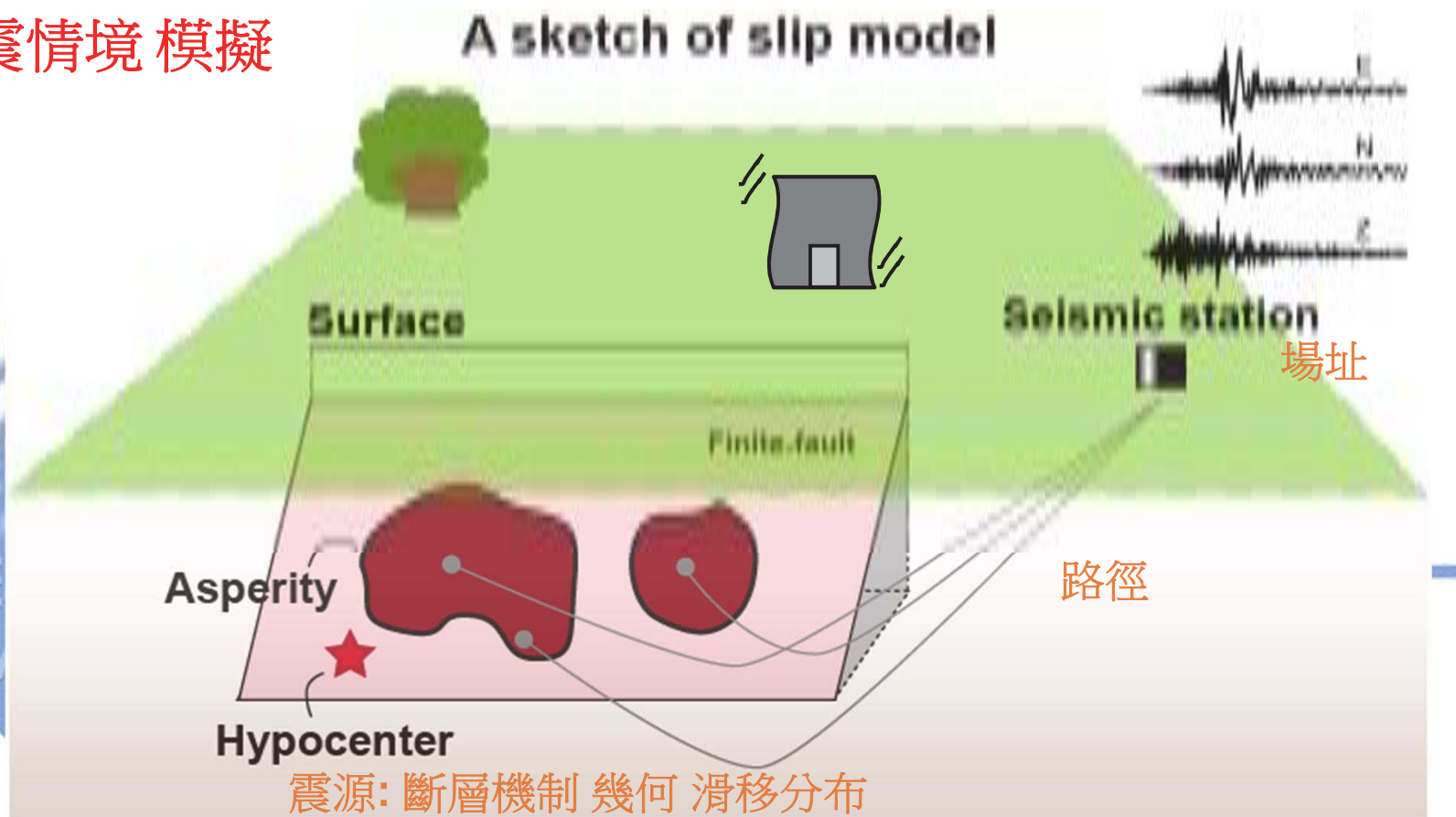


1999 Chi-Chi  
wave  
propagation  
simulation



Lee et al., 2005

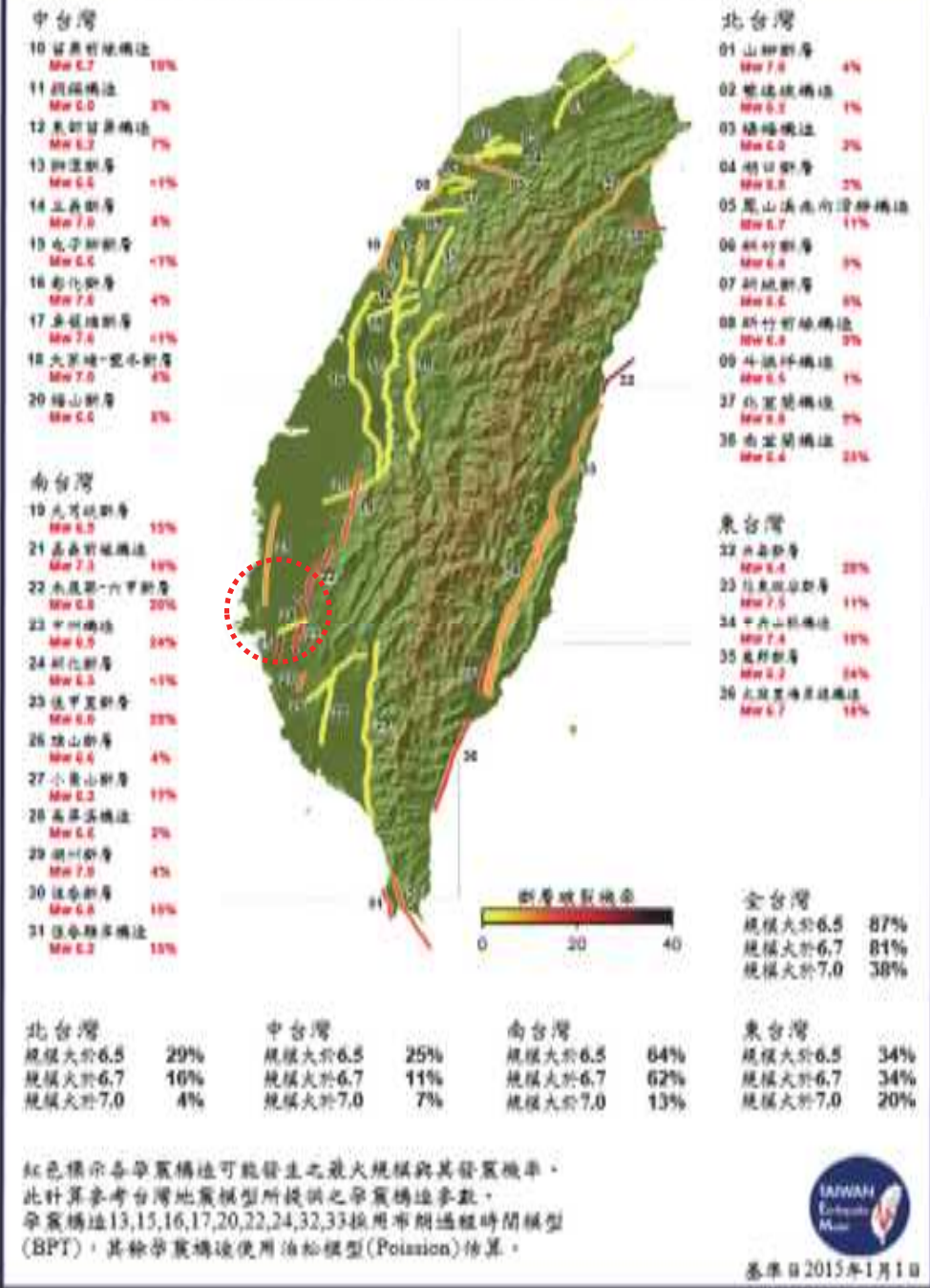
## 地震情境 模擬



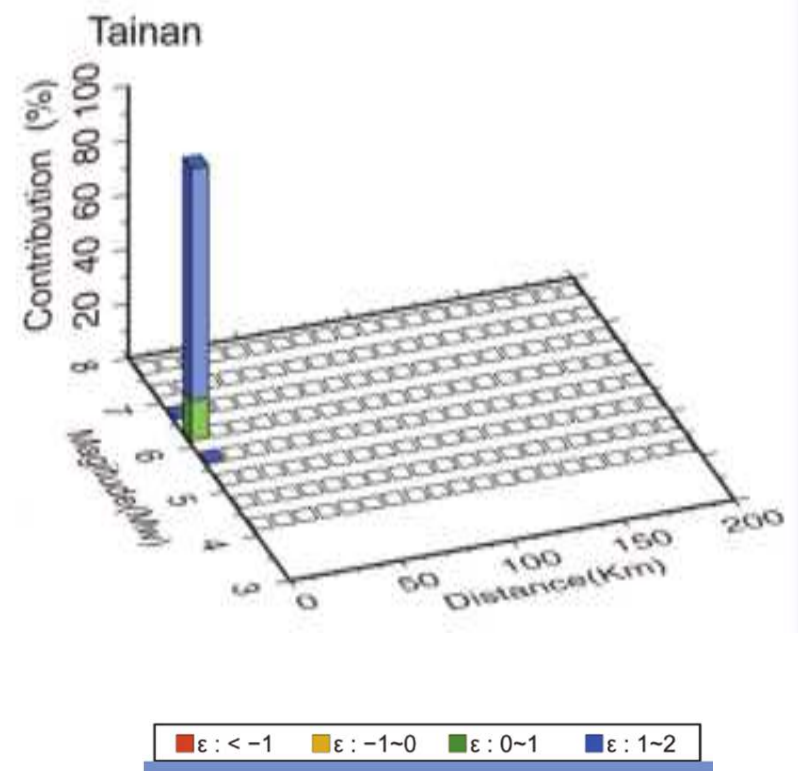
Strong-motion simulation is more precise when considering asperity distance to site. (Cohee et al., 1991)

Predicting strong ground motions with a “Recipe”. (Irikura, K., 2006)

# 未來30年台灣孕震構造之發震機率圖



- 台南的地震危害度主要來自規模6的地震，以及10公里內的震源

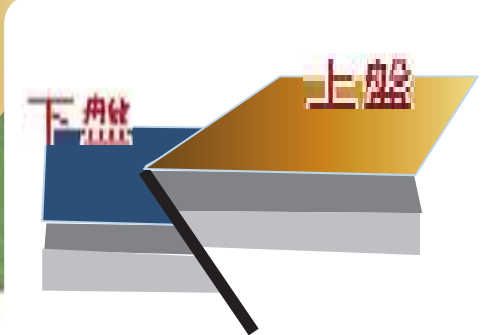
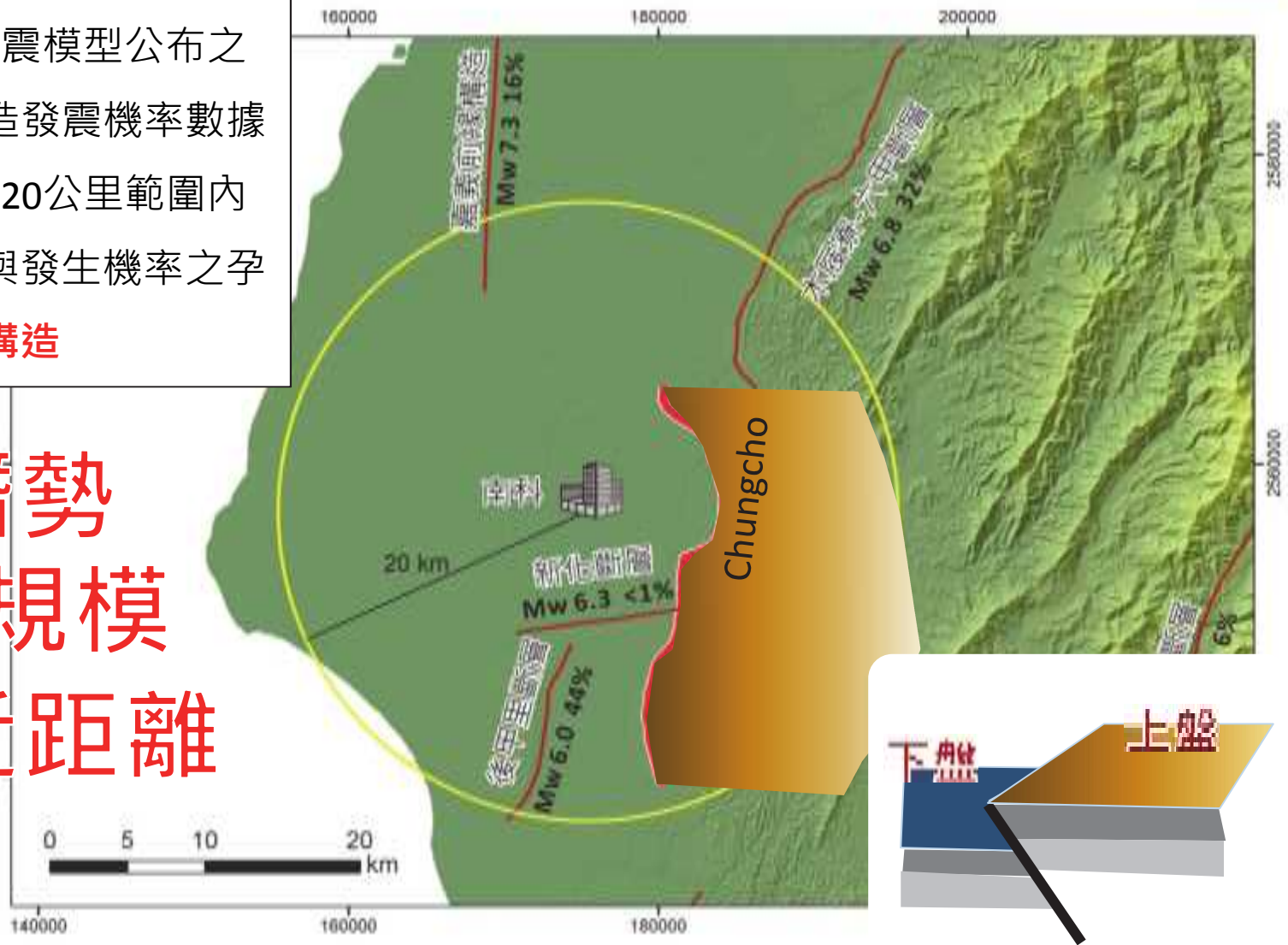


# 地震情境模擬：時序地震波及反應頻譜 Earthquake Scenario: Chungcho structure



- 科技部臺灣地震模型公布之50年內孕震構造發震機率數據
- 選取南科半徑20公里範圍內最大潛勢規模與發生機率之孕震構造 - 中洲構造

高潛勢  
大規模  
近距離



指標性分析之中洲孕震構造

## Scenario Simulation from the Chungchou Structure

- Ground motion simulation (up to  $\sim 0.8$  Hz)
- 3-D velocity model (Kuo-Chen *et al.*, 2012)
- ETOPO1 topography

0.10 [sec]



Vector Norm of Ground Velocity



weak

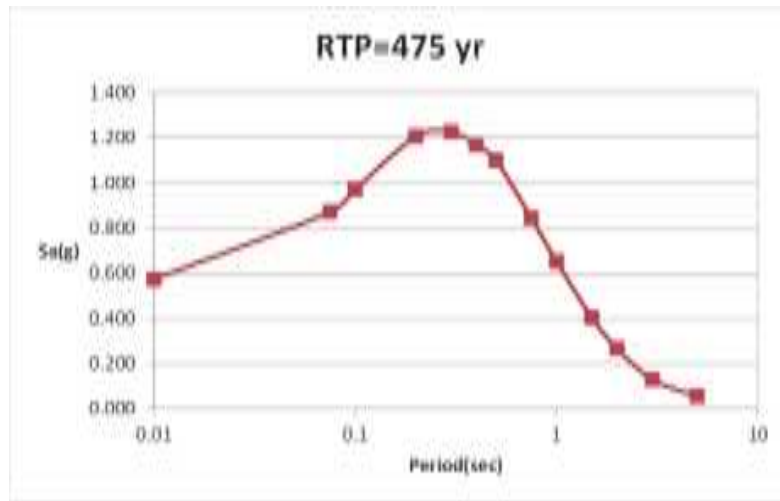


strong

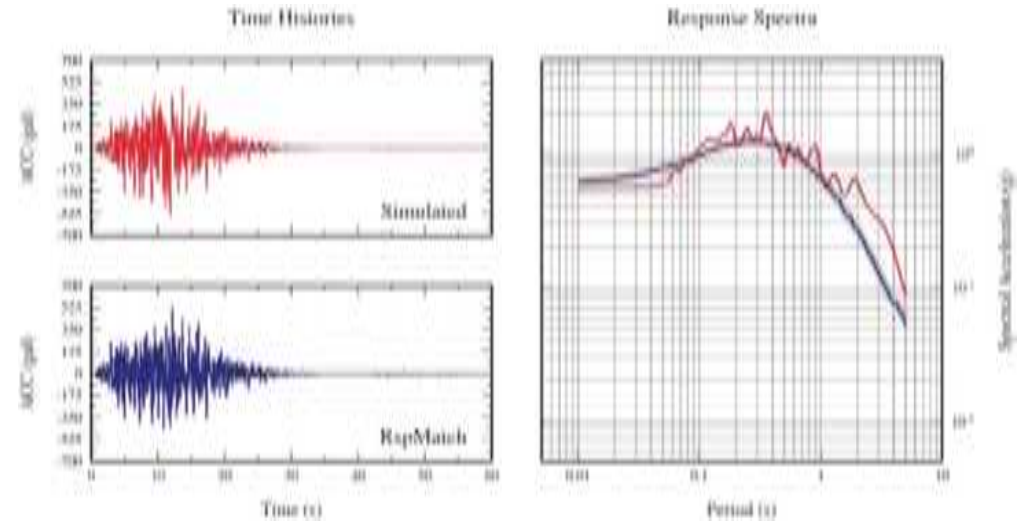
# 危害度分析成果 – 475年均布危害度反應譜與其調適地動歷時



475年均布危害度反應譜及調適地震歷時，供結構設計參考



475年均布危害度反應譜  
Response Spectrum



ID\_01景況模擬調適地震歷時  
Case of ID\_01

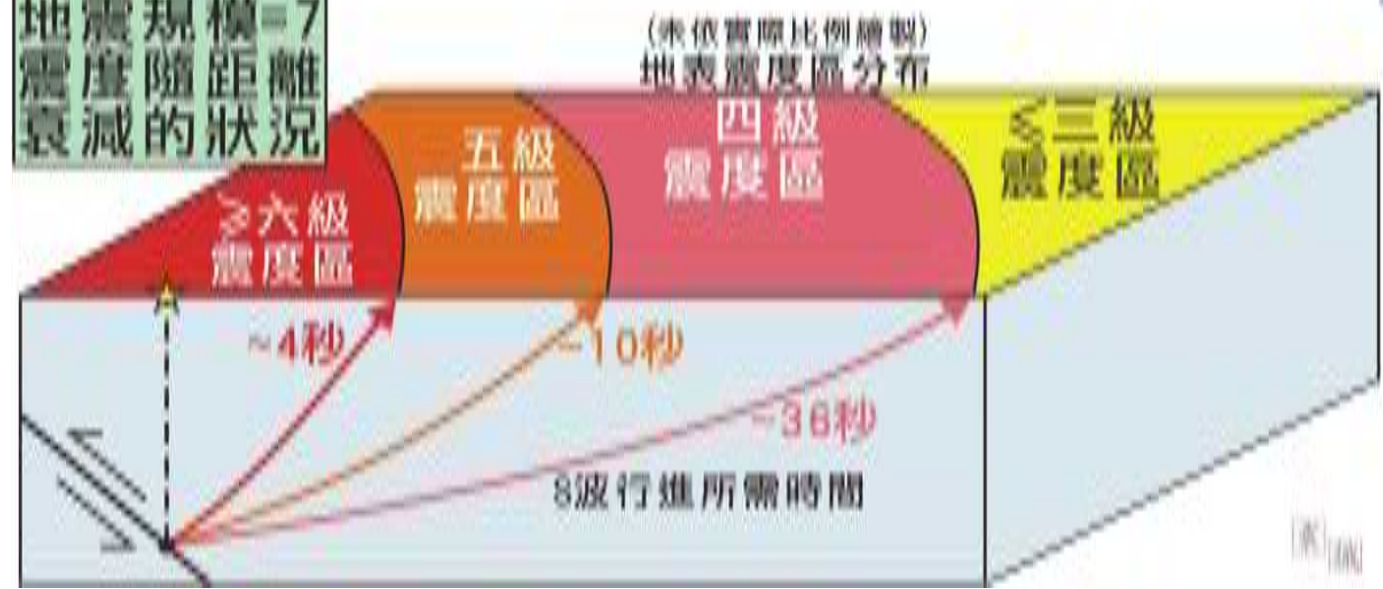




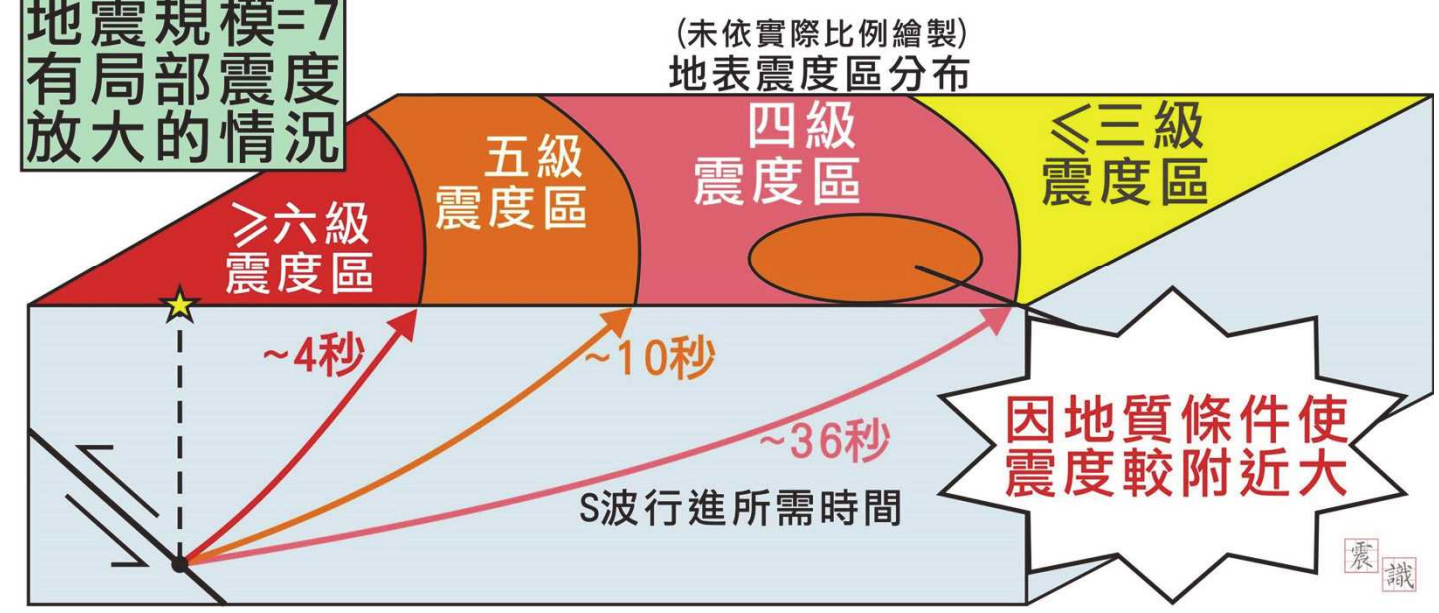
# 地震預警

## EEW

情境1：  
地震規模=7  
震度隨距離  
衰減的狀況



情境2：  
地震規模=7  
有局部震度  
放大的情況

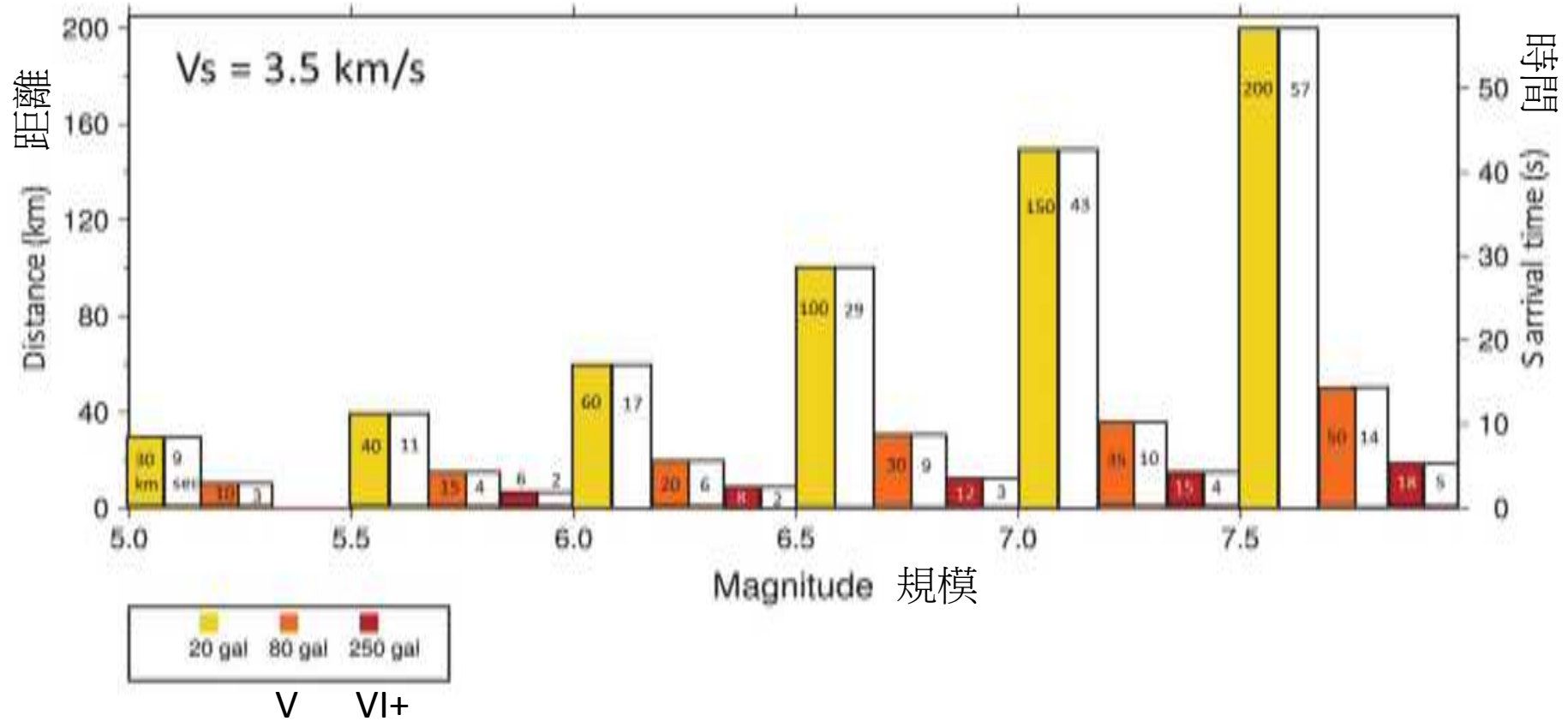


現地預警

區域預警



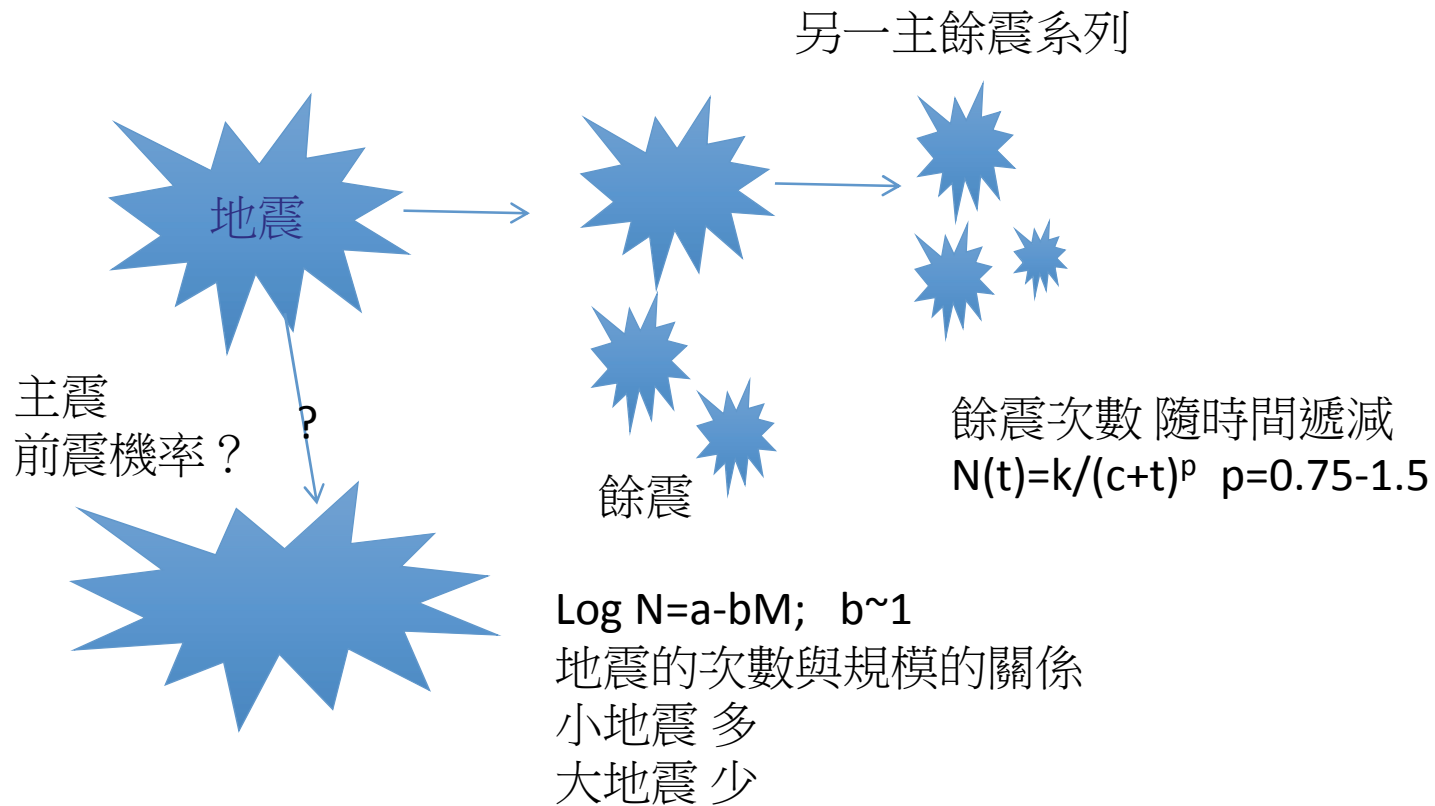
## 預警期望時間



\* 持續發展以新科技 爭取預警時間  
智慧定位 智慧訊息 自動控制



地震：主震 (前震) 餘震系列  
隨時間變化的機率活動行為 評估  
=> 餘震行為預估  
餘震地震動值預估



# 結論摘要 – 國家政策導向與計畫前瞻性 Conclusions



## 地動潛勢及危害度分析

Science – Engineering – Industry

(social-economic impact)

- 整合相關技術與地質調查研究資料，建立地震危害度分析結果與相關參數，並整合地球科學與地震工程領域之共識，依防救災需求產製更細緻之地震災害潛勢圖資

⇒ 由定性至定量的地震危害分析 提供重要建設的地震危害及風險分析  
工業 4.0 防災 4.0 New era on Disaster Reduction

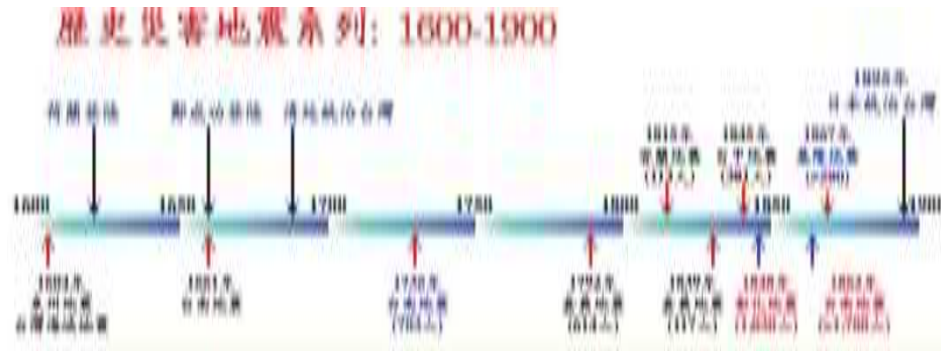
⇒ 減少地震造成的社經衝擊  
數位 防災（由數據=>對策）

『震識』社群部落格

<https://www.facebook.com/quakeledge/>

(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, SFDRR )





## Echo from the Past 塵封的裂痕

**歷史地震 第三講**

**1906年梅山地震**  
主持人 / 中央大學地環系 石瑞銓 教授  
**103/6/21 Sat. 1:30PM**

**1906梅山地震科學與談會**  
主持人 / 中正大學地環系 石瑞銓 教授  
**103/6/21 Sat. 3:30PM**

網址: <http://tec.earth.sinica.edu.tw/>  
地點: 嘉義市立博物館一樓簡報室  
600嘉義市忠孝路275-1號

報名網址: <http://goo.gl/SnZS83>  
連絡電話: 02-27839910#317  
主辦單位:

協辦單位:

## Echo from the Past 塵封的裂痕

你知道，台南曾經歷過多大地震嗎？  
清同治期間的台南大地震，  
造成1700多人死亡。  
是直到1906年以前，  
所傷最爲嚴重的臺灣地震。  
讓我們翻開此塵封的歷史。

—— 謝世楠

**歷史地震 第三講**

**1862年台南地震**  
主持人 / 中央大學地環系 石瑞銓 教授  
主講人 / 輔仁科技大學 謝世楠 副教授  
**103/2/22 Sat. 1:30PM**

**1862台南地震科學與談會**  
主持人 / 成功大學地科系 饒瑞鈞 教授  
**103/2/22 Sat. 3:30PM**

網址: <http://tec.earth.sinica.edu.tw/>  
地點: 台南南區氣象中心一樓觀聽室  
70050台南市中西區公園路21號

報名網址: <http://goo.gl/aGKEHG>  
連絡電話: 02-27839910#317  
主辦單位:

協辦單位:



新興街重修福德祠碑  
現存放於神興宮(民生路二段21號)



修造台澎提學道署初記 修造台澎提學道署再記  
(現存放於台南市民族文物館) (中央圖書館臺灣分館)



八甲溪灣告示：地高者崩裂，低者湧出瘡滷黑沙，崩陷不堪耕種，無力墾復。(現存放於台南歸仁區八甲代天府)  
 (土壤液化，相當罕見的石碑)



重修記：同治壬戌夏五月，逢大地震傾圮殆盡，中殿亦仍依然無故(現存放於台南關廟區山西宮)



## 新化十八嬈—因地震而引起的繞境活動

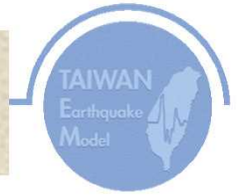
清同治元年5月11日，新化大部份房舍幾乎全倒。相傳大地震之後，新化婦女在每年元宵節之後行為開始「豪放」，難以自我約束，也就是台語所謂的「嬈」。通常從農曆元月16日開始漸漸出現癡兆，經17日，到18日最為明顯，接著才又漸漸恢復正常。當時地方上即有句俗諺「盤籬笆，爬豬稠，沒嬈凍未條」（台語）。於是庄民請示媽祖，媽祖降駕指示，在現今「中正路」與「中山路」交叉口附近，俗名「三角湧仔」的地方，是個「八卦蜘蛛穴」，蟄伏著一隻蜘蛛精，由於地震驚擾了這隻蜘蛛精，因此作怪地方。朝天宮為了有效鎮

壓蜘蛛精，於是召集八保角頭廟宇，如此含朝天宮共七座廟宇，每年元宵過後舉辦俗稱「新化18嬈」的神明繞境活動。大約從西元1868年左右開始舉行，一直到1936年之後，日本當局推行皇民化運動其間才停止，前後持續約70年左右(南瀛新象月刊 2006年7月號)

2009年台南縣政府公告為縣定民俗文化資產，三年一度的新化十八嬈繞境祈福活動



# 結論摘要 – 國家政策導向與計畫前瞻性 Conclusions



## 地動潛勢及危害度分析

Science – Engineering – Industry

(social-economic impact)

- 整合相關技術與地質調查研究資料，建立地震危害度分析結果與相關參數，並整合地球科學與地震工程領域之共識，依防救災需求產製更細緻之地震災害潛勢圖資

⇒ 由定性至定量的地震危害分析 提供重要建設的地震危害及風險分析  
工業 4.0 防災 4.0 New era on Disaster Reduction

⇒ 減少地震造成的社經衝擊  
數位 防災（由數據 => 對策）

『震識』社群 部落格

<https://www.facebook.com/quakeledge/>

(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, SFDRR )





# 謝謝 Thank You





\_\_\_\_\_