



地震災害鏈風險評估及管理研究中心 (地震風險中心)

2018 ~

Earthquake-Disaster & Risk Evaluation
and Management, E-DREaM, Center

- ❖ 主持人：馬國鳳（主任）
- ❖ 董家鈞（副主任）、蔣偉寧、李錫堤、李錫
堤、林沛練、吳祚任、張竝瑜、郭陳皓、張
午龍、林彥宇





- 地震科學研究為核心
- 以與國外相抗衡的前瞻技術與地球科學相關領域鏈結
- 以大地球系統災害科學為思維，針對地震災害鏈的直接及間接災害即時分析
- 建立四維數位時空災害風險評估
- 產業鏈結研發災害風險評估及管理對策

資料 -> 科學產出-> 加值應用 ->
危害風險分析及管理



E-DREaM

<http://eqkc.earth.ncu.edu.tw/E-DREaM/>



基本資料

國家協力機構

- 交通部中央氣象局 CWB
- 經濟部地質調查所 CGS
- 國家災害防救科技中心 NCDR

地震危害分析 情境模擬 大數據 AI 地震活動分析

機率式地震

- 活動斷層/2
及地震情境
- 大數據資料地震預報：傳染
型餘震序列分析(ETAS)

災害風險評估及管理

- 以致災資料建立易損性
曲線
- 脆弱性評估
- 暴露度資料彙整

災害風險評估 及管理

環境誘發地震及餘震危害分析

- 地熱能開發
- CCS二氧化碳捕
二氧化碳隔離
- 離岸風力發電地

環保能源開發 地震安全評估

近地表調查 及災害潛勢

近地表災害潛勢評估 (土壤液化、邊坡穩定性、 山崩、土石流)

氣象及 海象災害

氣象及海象災害 (風暴潮、海嘯)

地震災害 風險評估及管理

E-DREaM

四維時空數位 及產業鏈結 國際合作及教育推廣

四維數位 災害管理

研究

E-DREaM
研究表現

產業連結

E-DREaM
與產業互動連結
開發新科學前緣
技術

產業加值 應用發展

E-DREaM
研究成果產出
及科學技術發
展最佳化與產
業化

永續數位 風險管理

E-DREaM
永續性與數位化



地震危害潛勢



產業貢獻:
以使用者端介面的
地震危害及風險
災害潛勢數位化
=> 工業4.0
防災4.0
智慧防災

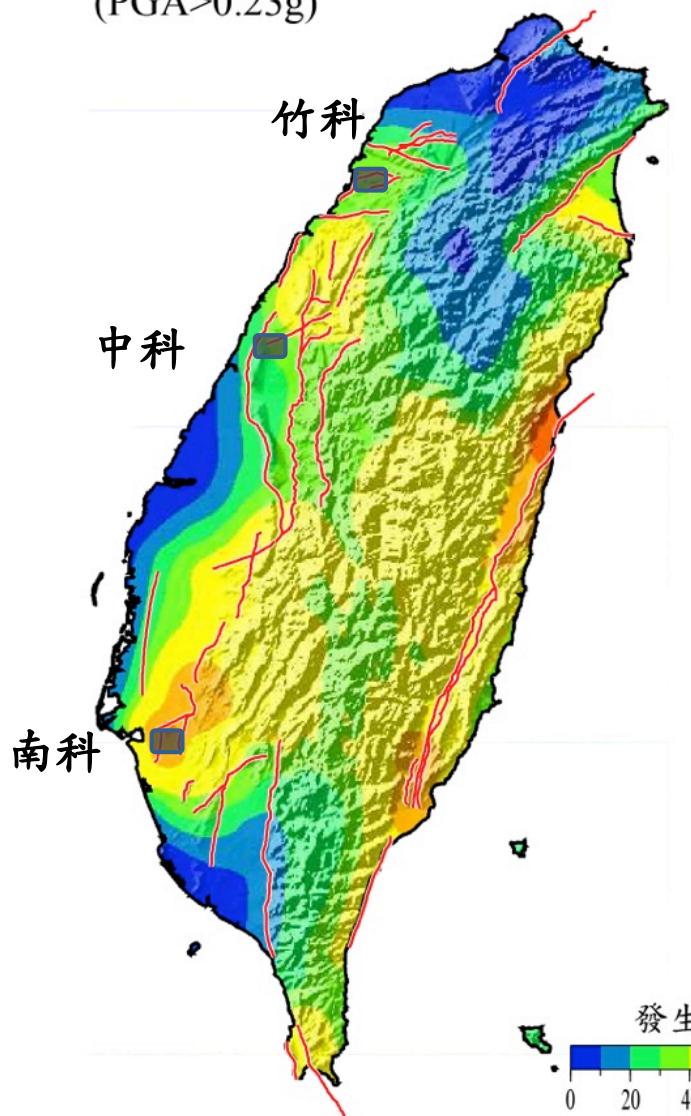
社會議題:
政府及民間的防災
準備
防災教育
知識應用
即時災害事件巨量
資料分析

地表振動強度機率分布圖

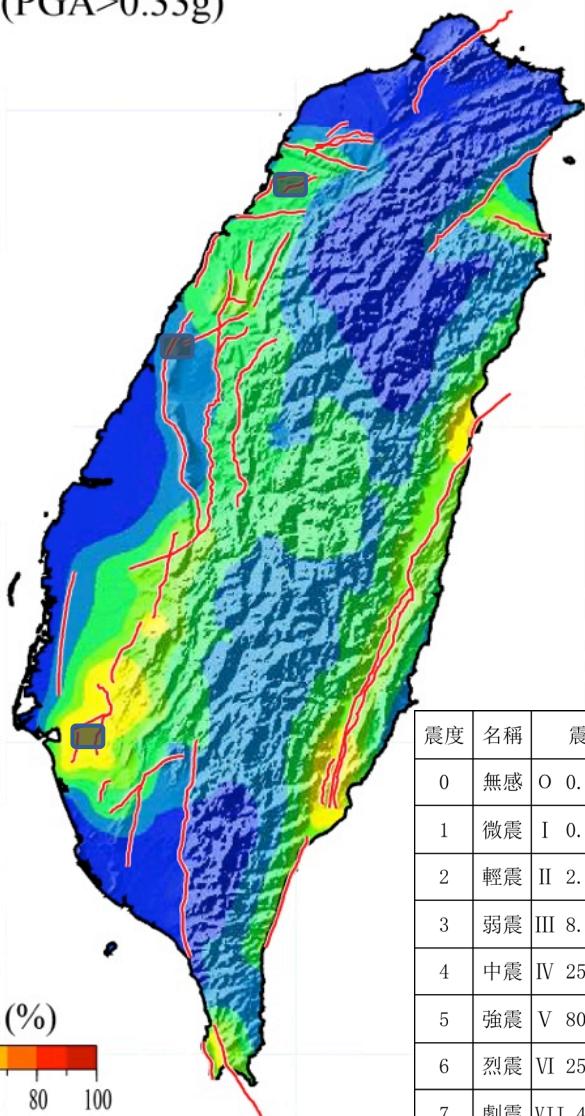
PSHA2015 (基盤) Wang et al., (2016)



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)

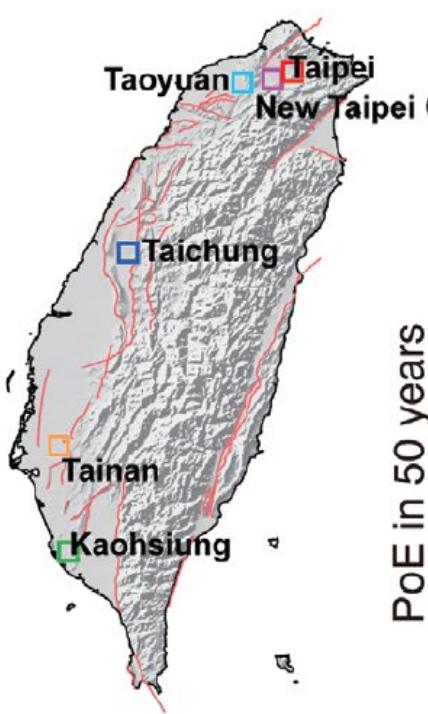


發生機率 (%)

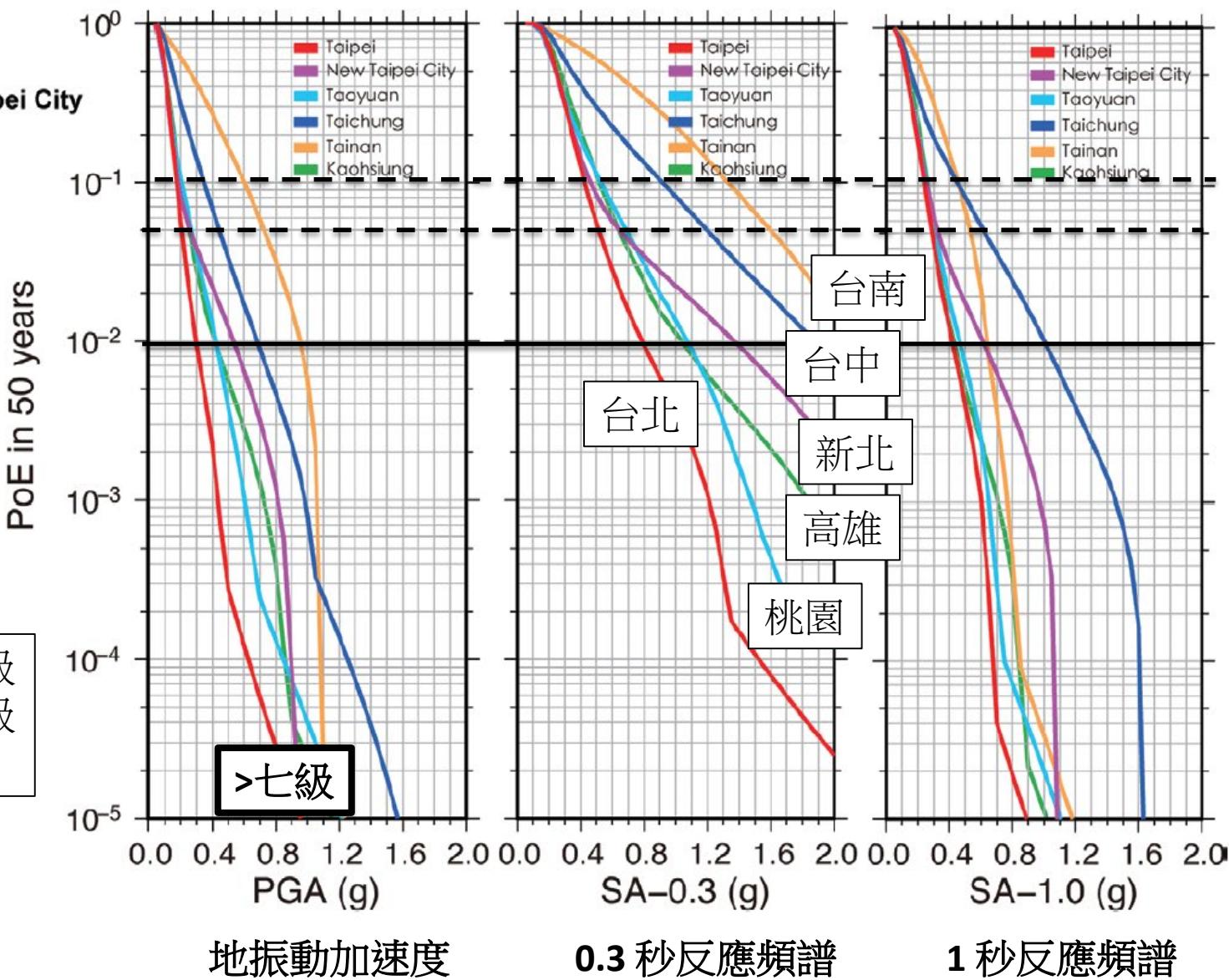
0 20 40 60 80 100

震度	名稱	震度階級
0	無感	O 0.8gal 以下
1	微震	I 0.8~2.0g
2	輕震	II 2.5~8.0g
3	弱震	III 8.0~25.0g
4	中震	IV 25~80gal
5	強震	V 80~250gal
6	烈震	VI 250~400g
7	劇震	VII 400gal 以上

六都地震危害曲線（政府單位政策擬定） 基盤



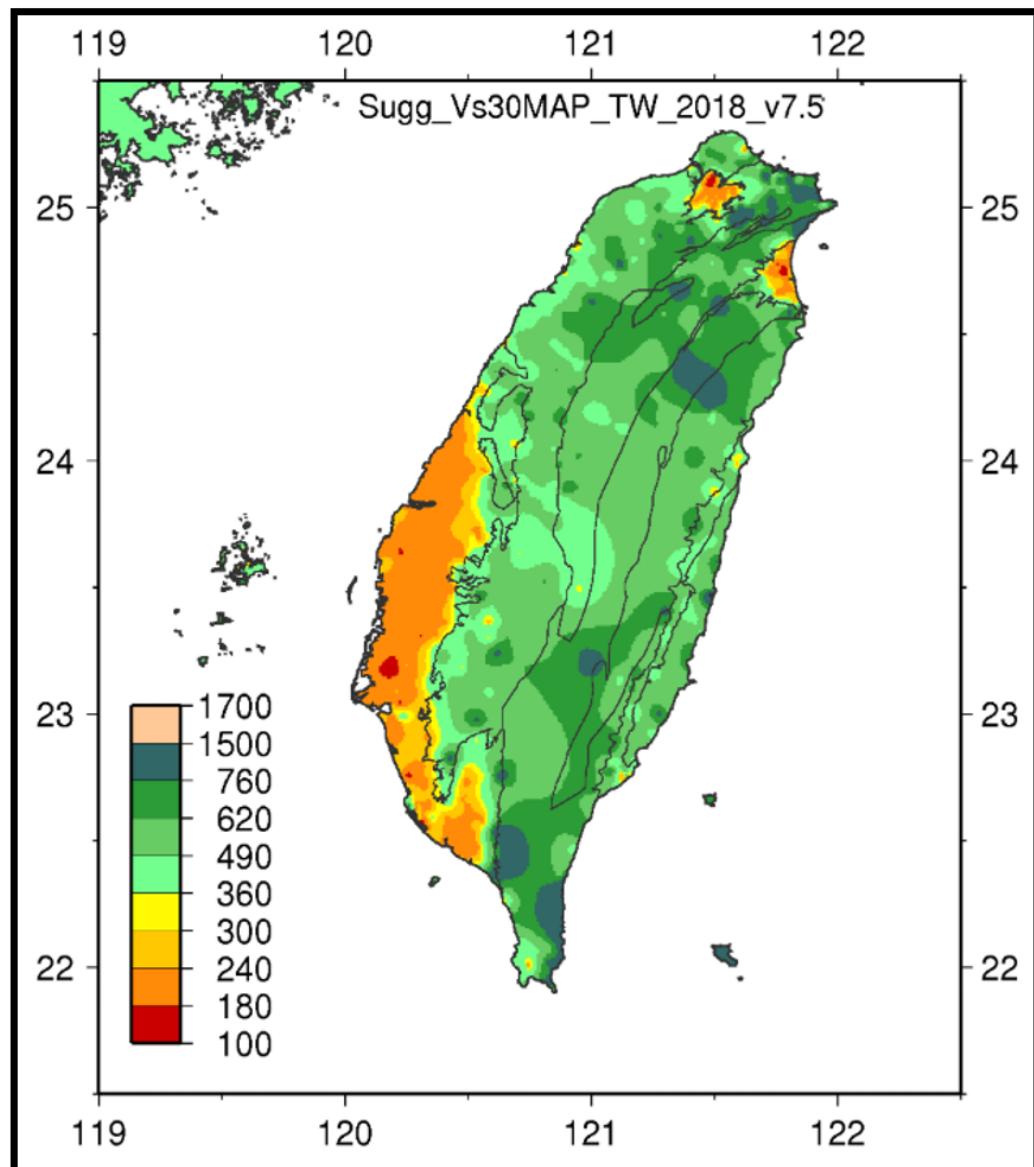
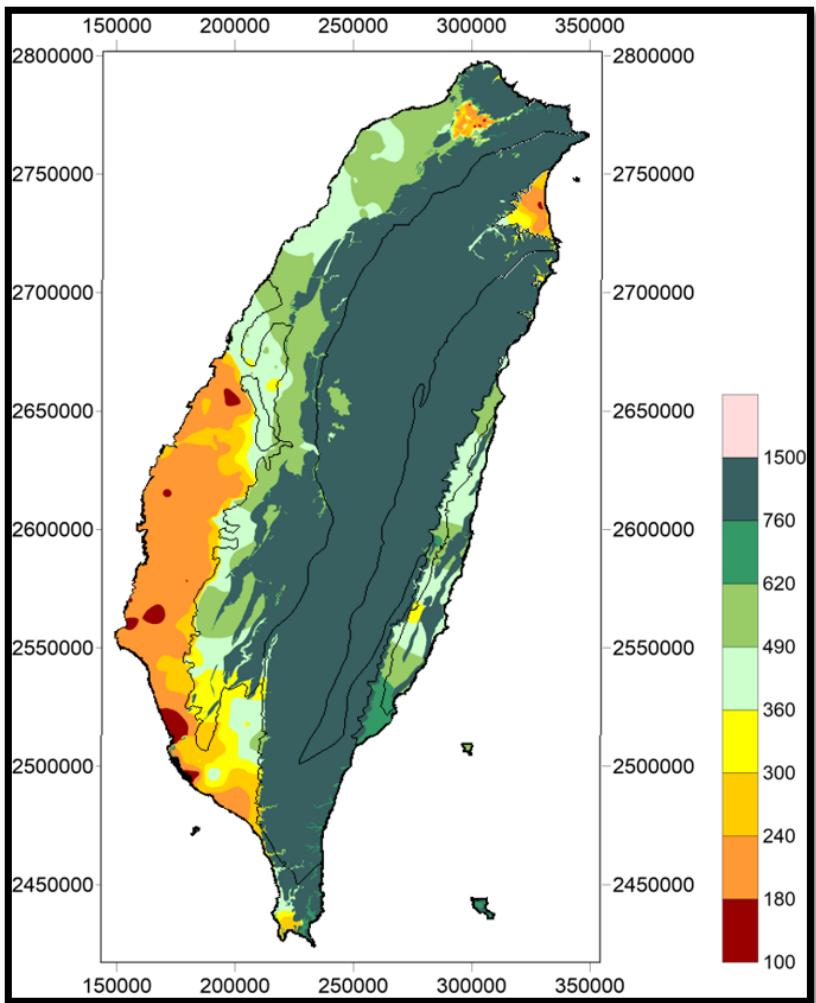
0.08g - 0.25g 五級
0.25g - 0.40g 六級
> 0.40g 七級



場址效應： V_{S30}

Lee and Tsai (2008)

EDGT (2018)

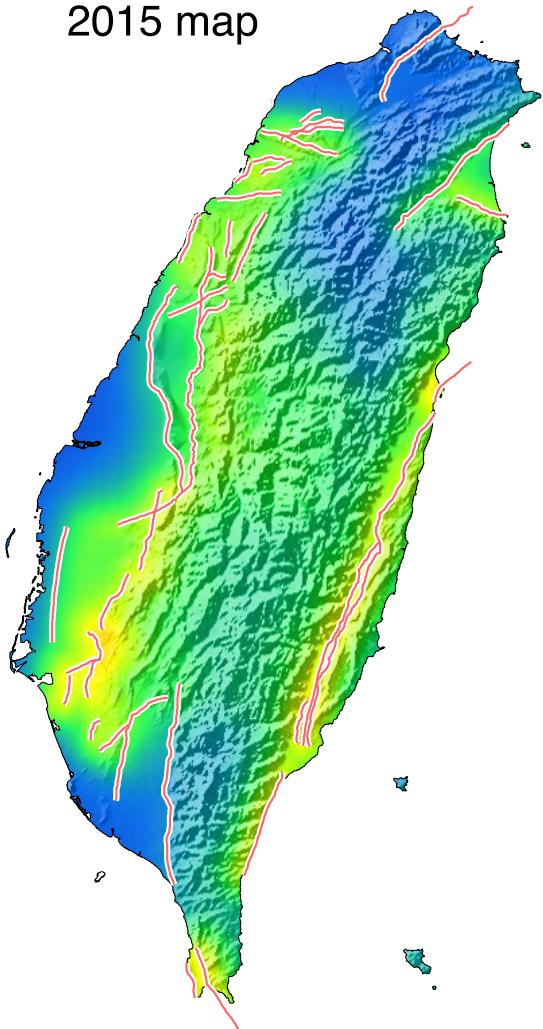


Probabilistic Seismic Hazard Assessment for Taiwan: Update in 2019

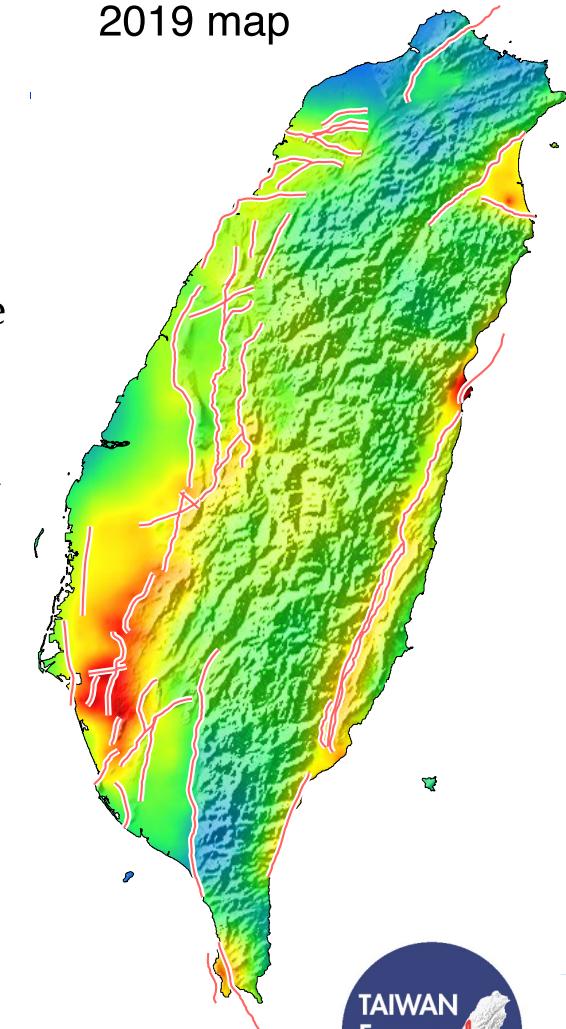
Chan et al., (2019)

PSHA2019

2015 map



2019 map



Innovations in the 2019 version:

Seismogenic structure source

- New seismogenic structure database
- Logic tree for slip rate uncertainty
- Earthquakes on multiple-structure
- Time-dependent rupture probability

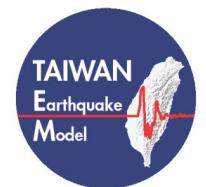
Background source

- Smoothing model for background

Site effect

- Site amplification in the form of V_s^{30}

Chung-Han Chan with the TEM Working group



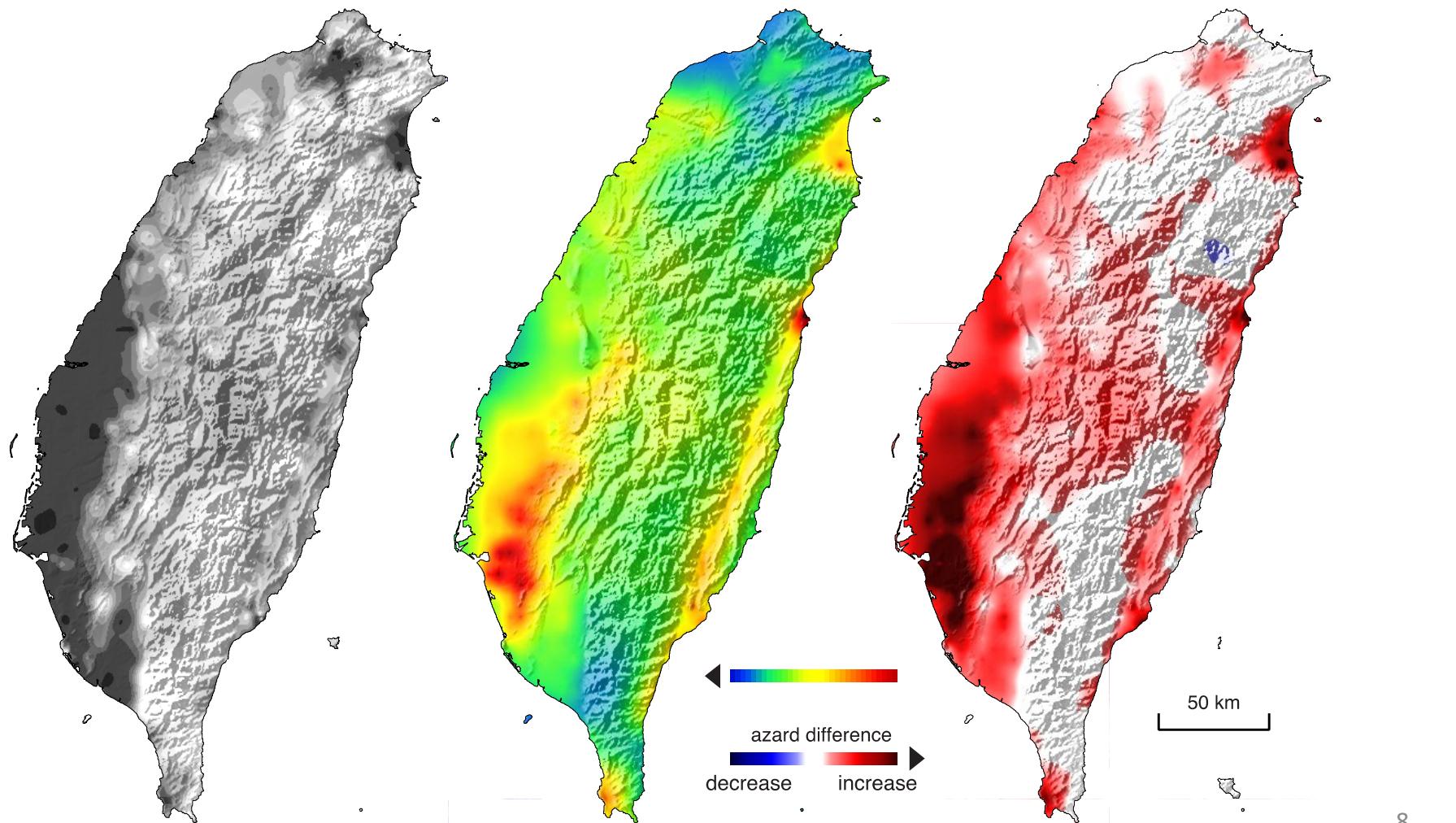
PSHA2019 多段斷層破裂及場址效應

(submitted, Chan et al., 2019)

場址

地震危害潛勢(PSHA2019)

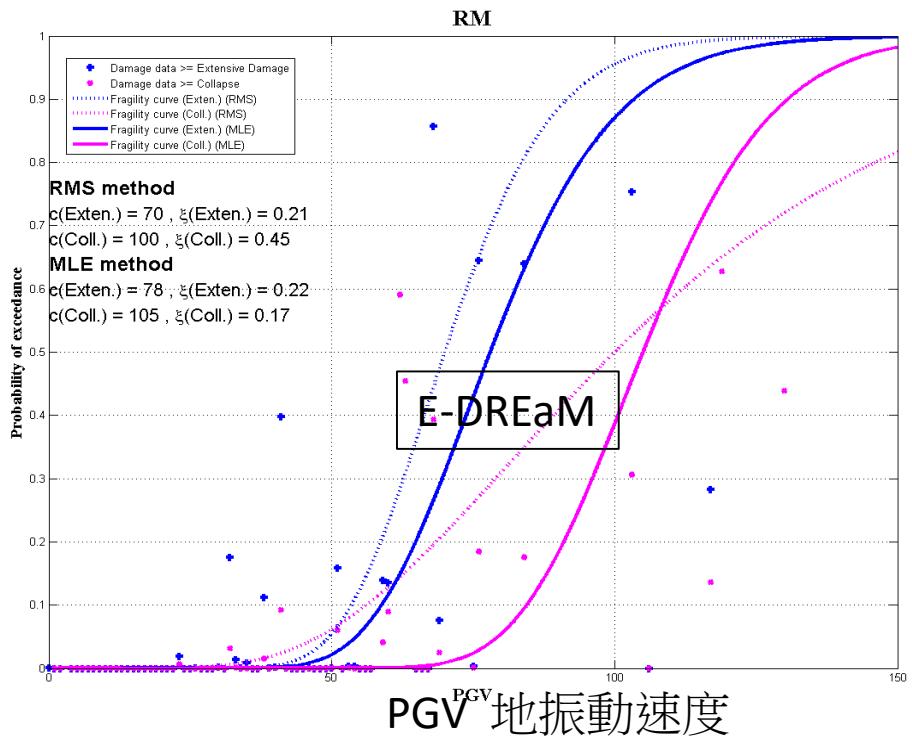
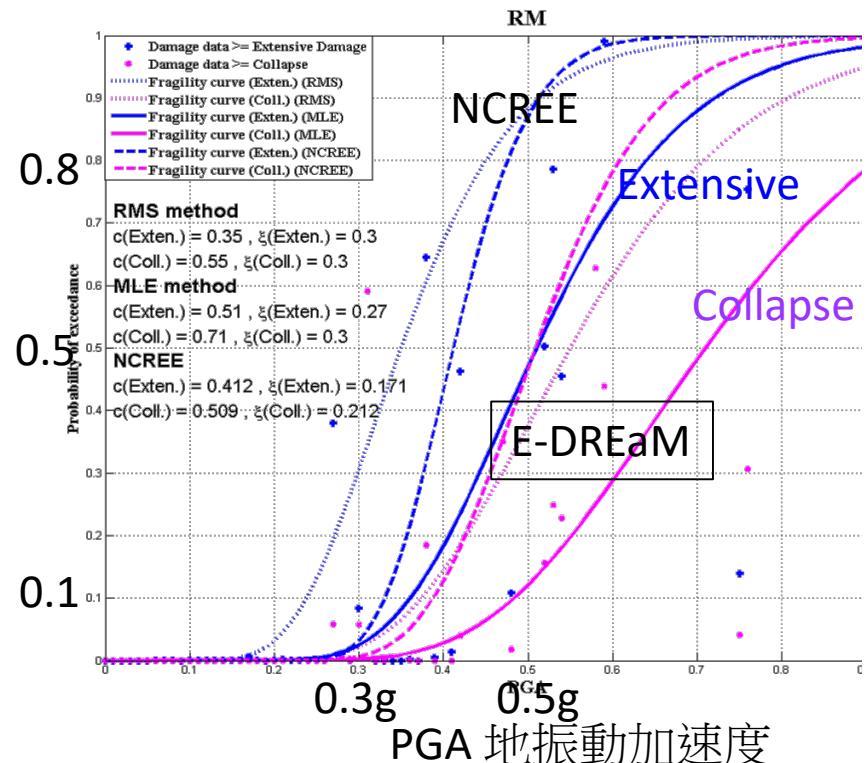
PSHA2019/PSHA2015



Developed Damage Based PGA/PGV Fragility Curve : 1999 Chi-Chi (M7.3) and 2016 Meinong (M6.5) Earthquake

建構以災損資料為基礎的易損性曲線 (Hsu et al. , 11NCEE, 2018)

Reinforce Masonry (加強磚造)



- 與日本災害性資料及易損曲線比較
- 建構透明地震危害潛勢與風險管理的平台

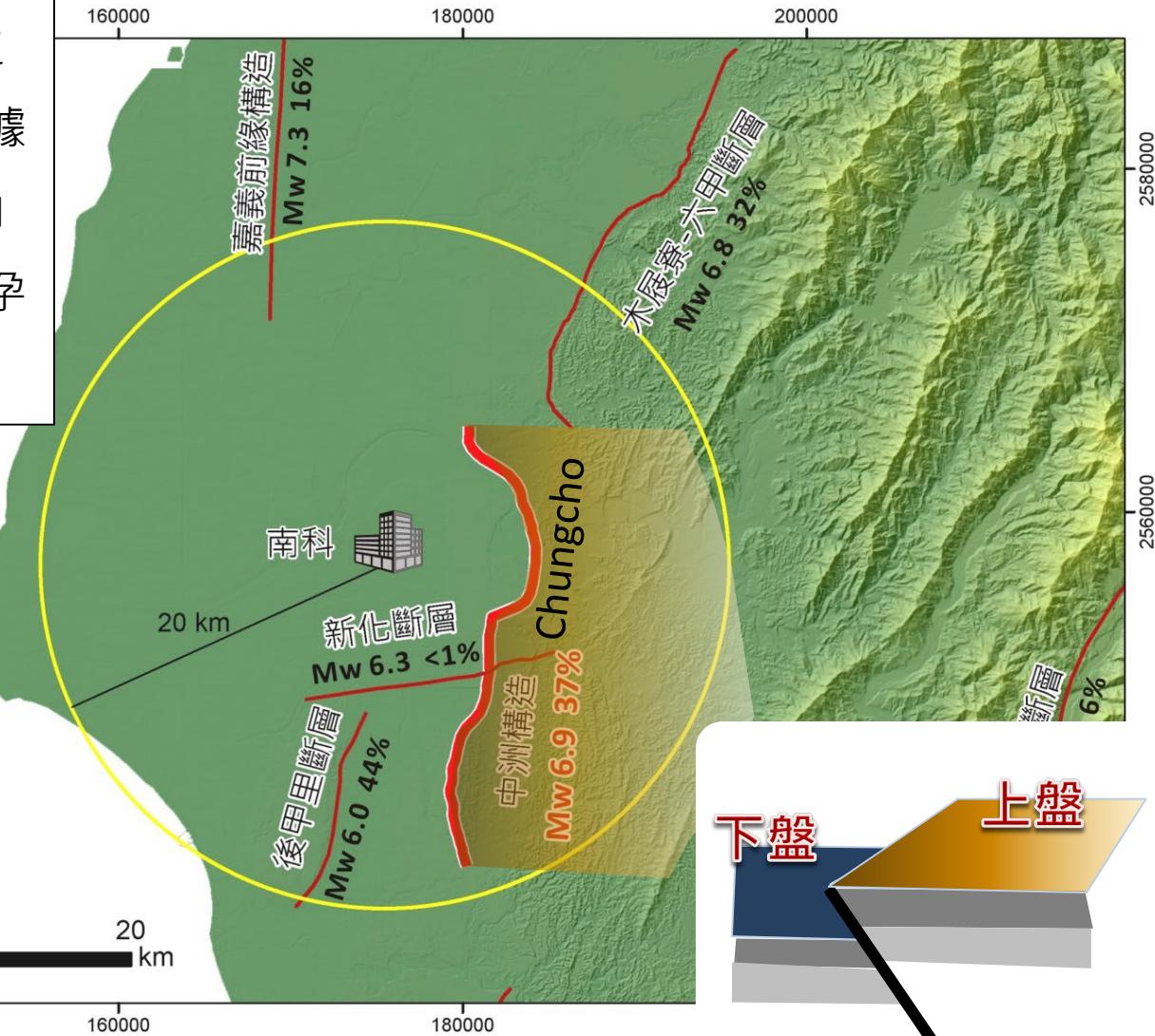
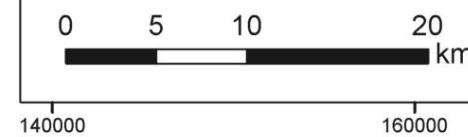
地震情境模擬：時序地震波及反應頻譜（使用端為基礎）

Earthquake Scenario: Chungcho structure

(中興社 謝銘哲 顏銀桐 博士)

- 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

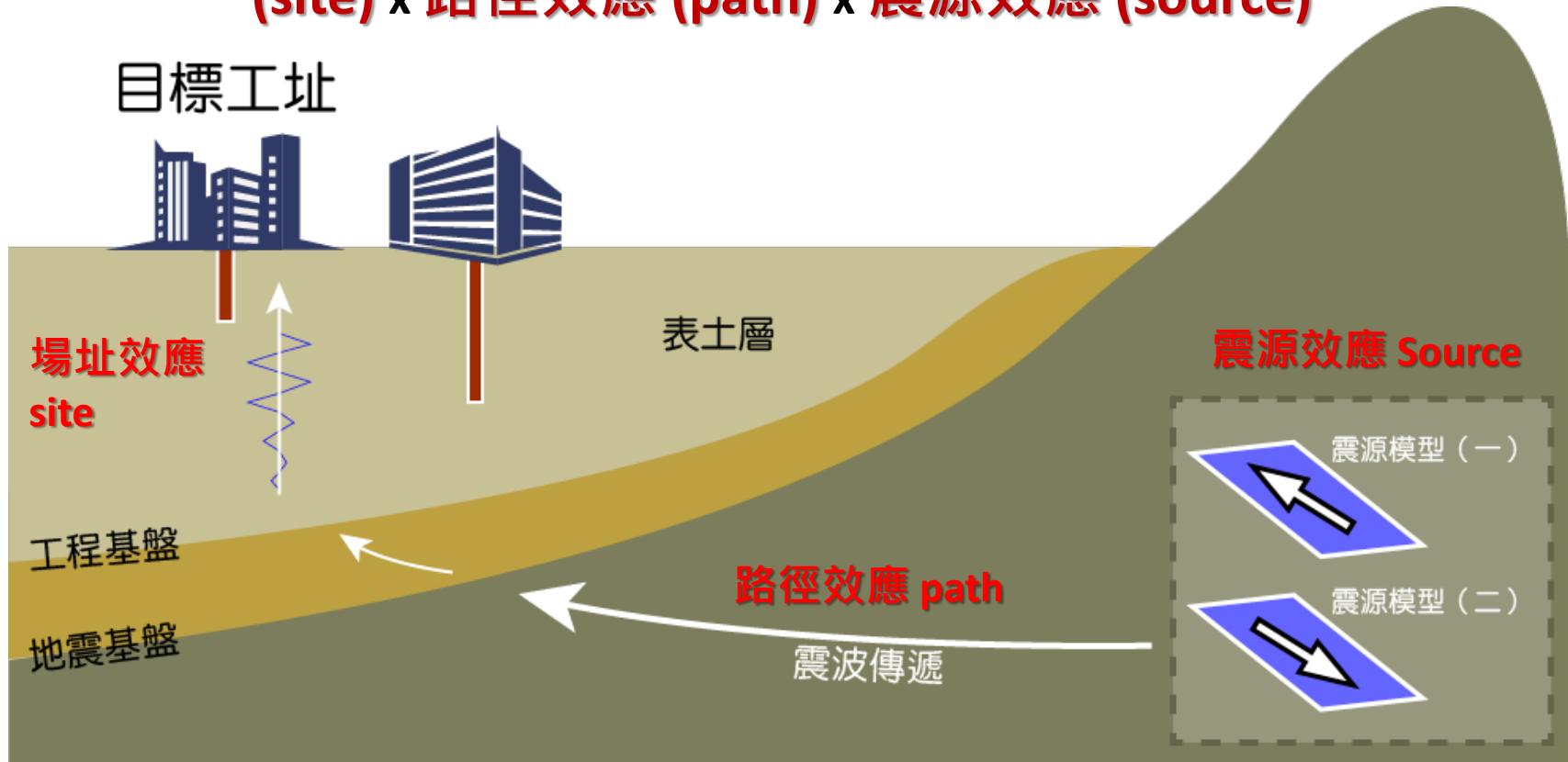
高潛勢
大規模
近距離



指標性分析之中洲孕震構造

目標工址地震紀錄 (ground motion) = 建物或設備響應 (building) x **場址效應 (site)** x **路徑效應 (path)** x **震源效應 (source)**

目標工址



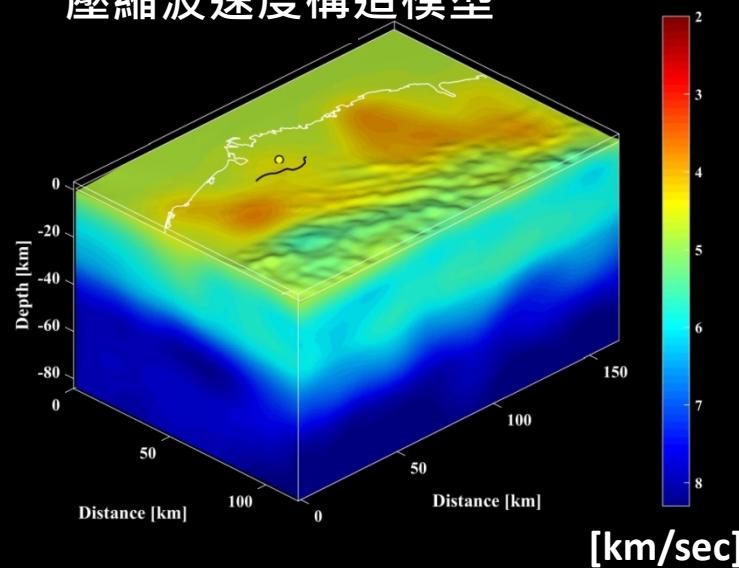
Velocity Structure (Kuochen et al., 2012)



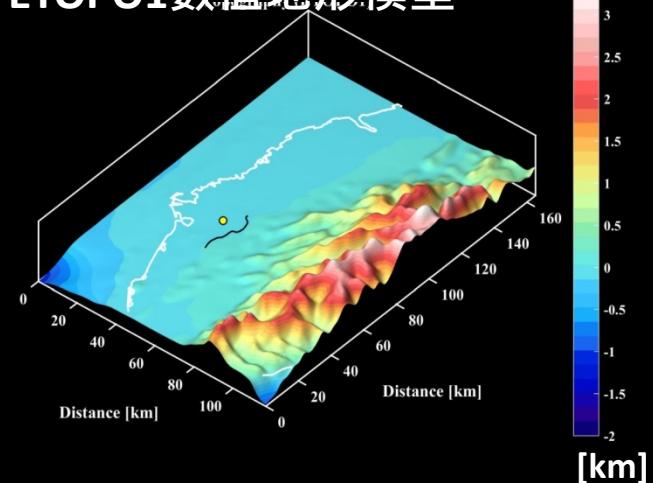
考量地表地形模型，精確計算地形效應產生的散射波、表面波對工址造成的影响。Topography

- 地震基盤之最大與最小壓縮波波速為**8.7**與**3.7km/s**，最大與最小剪力波速為**4.9**與**2.5km/s**。Vp, and Vs from 3D velocity tomography (Kuochen et al., 2012)

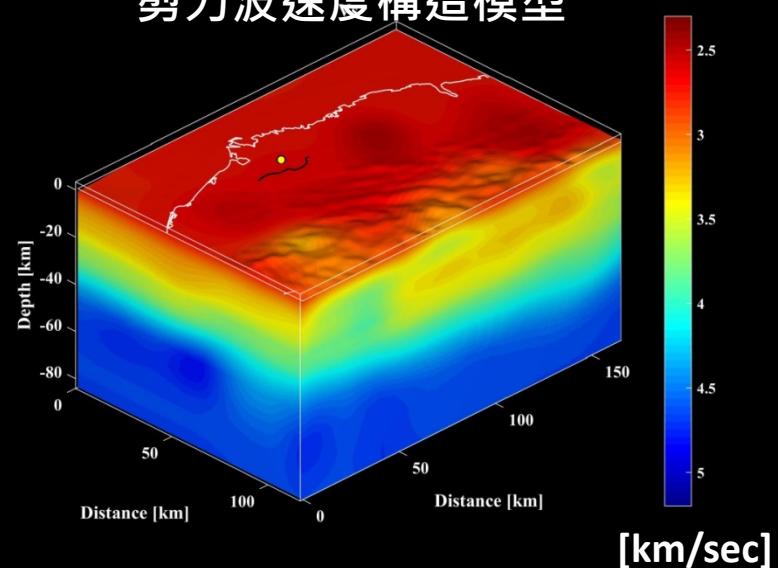
壓縮波速度構造模型



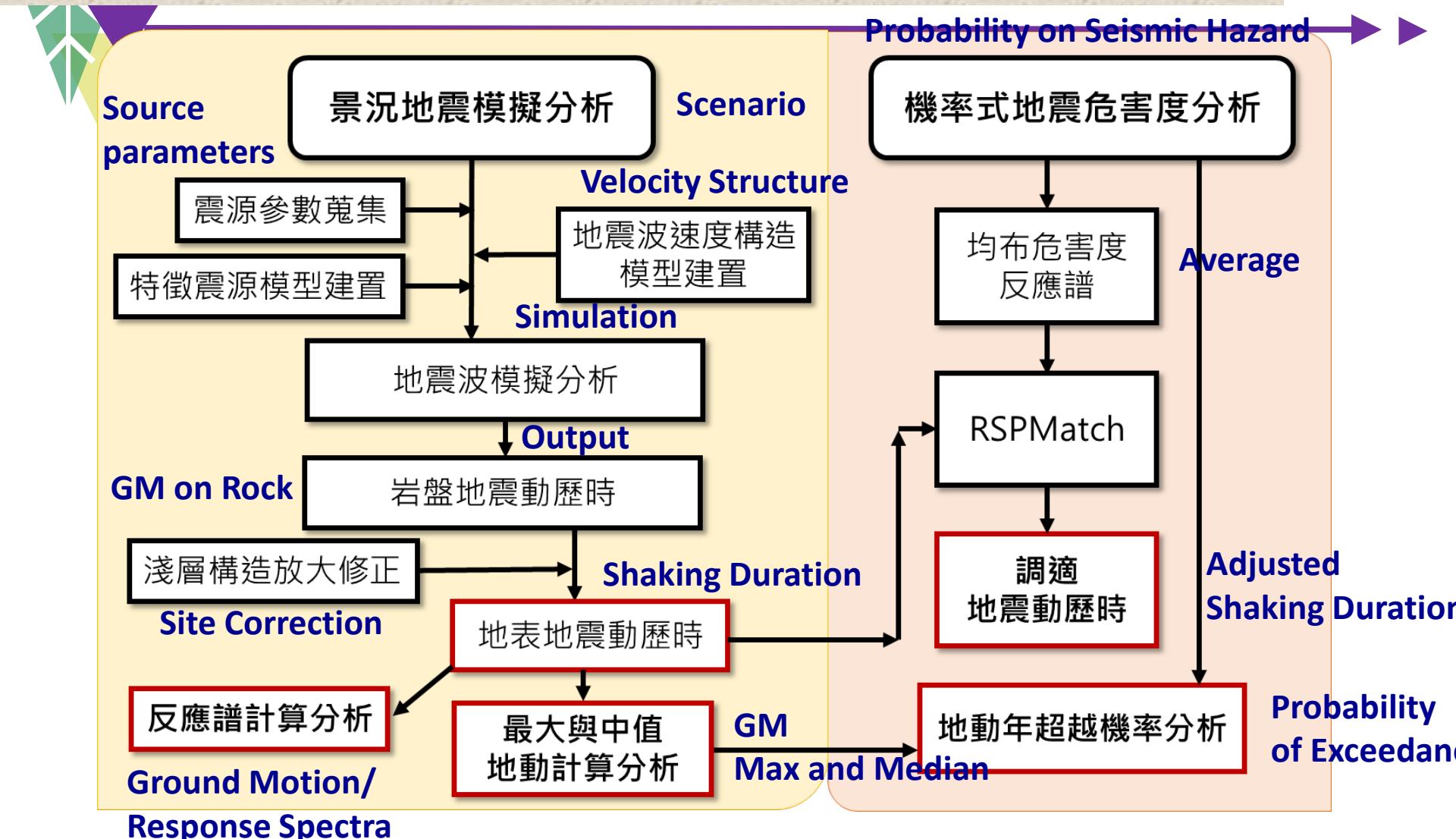
ETOPO1數值地形模型



剪力波速度構造模型



地震情境模擬之分析及應用



大規模地震模擬情境案 (山腳斷層先導計劃)

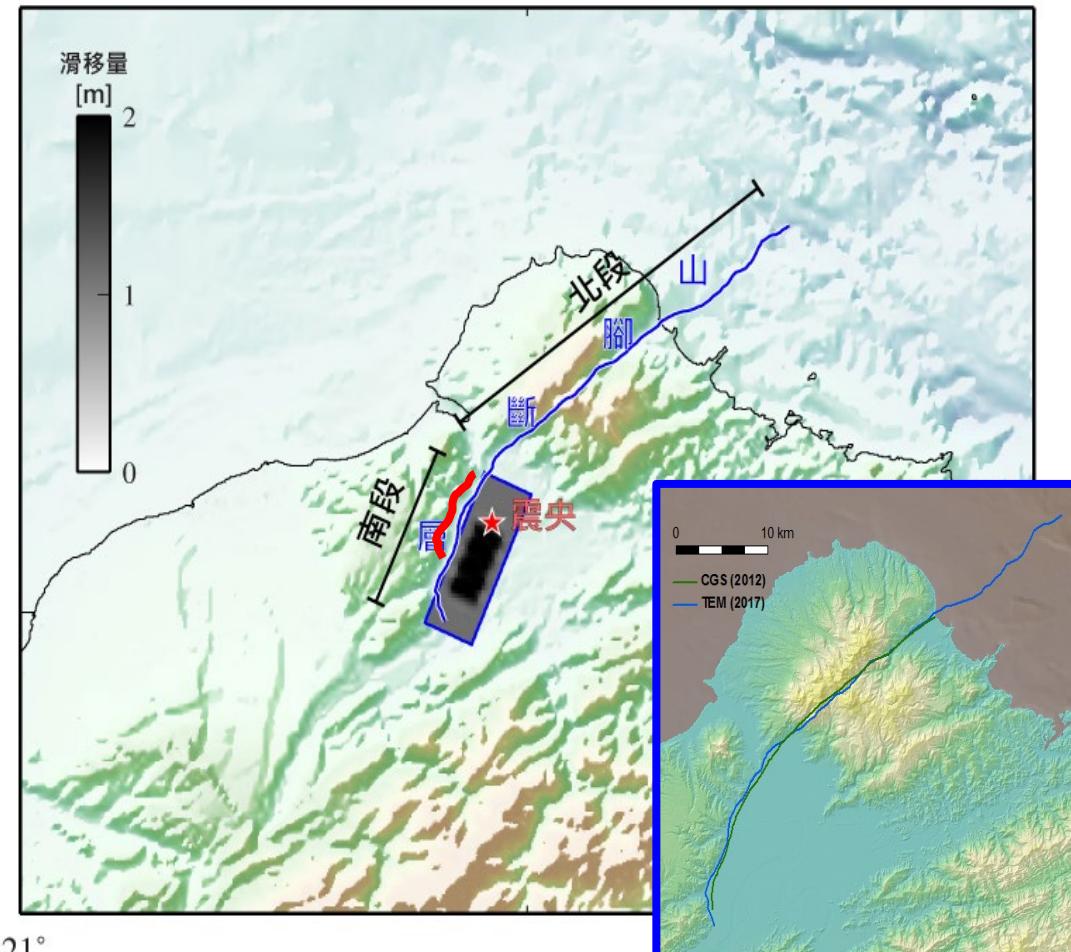
政府及**產業** 的風險管理及對策

- 震源情境模擬
- 災損推估
- 因應對策

發震破裂情境擬定-山腳斷層南段

121°

122°



擬定**山腳斷層南段**破裂
之情境

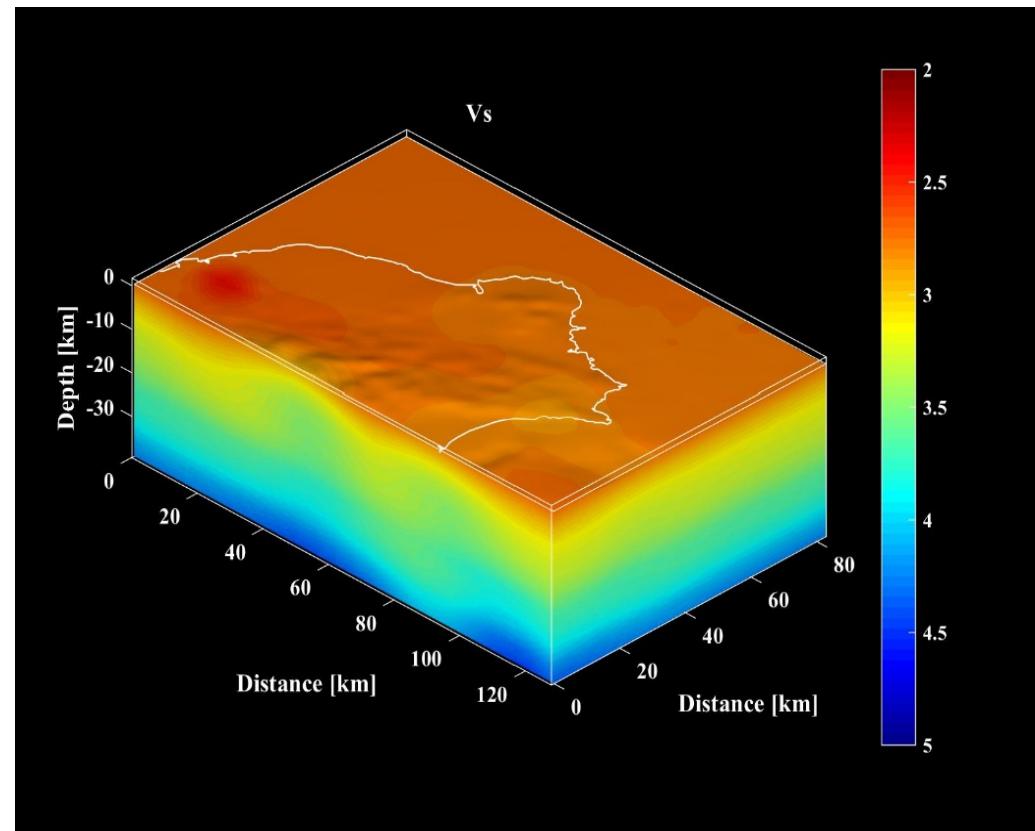
口綜合經濟部地質調查
所公布之台灣活動斷
層與科技部台灣地震
模型(TEM)成果彙整
山腳斷層南段之發震
破裂幾合與運動模型

121°



北臺灣地殼結構與地形模型

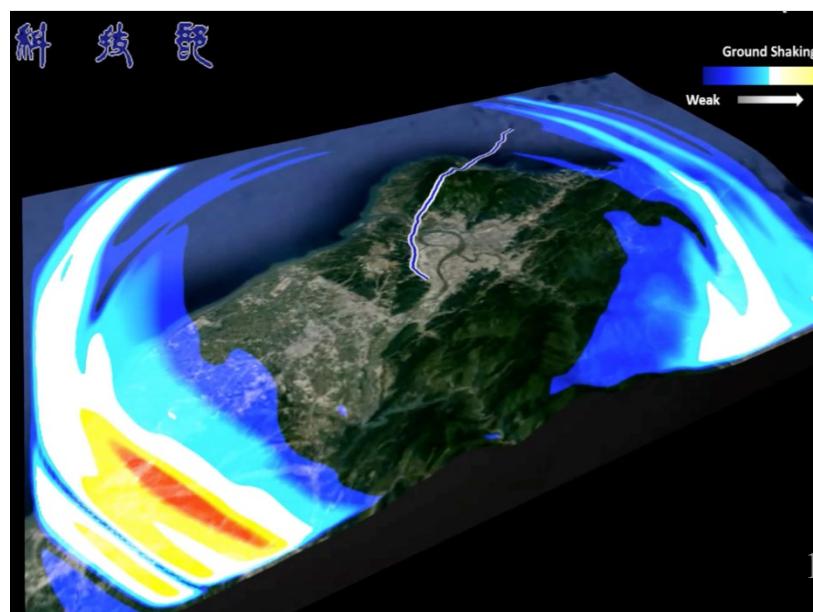
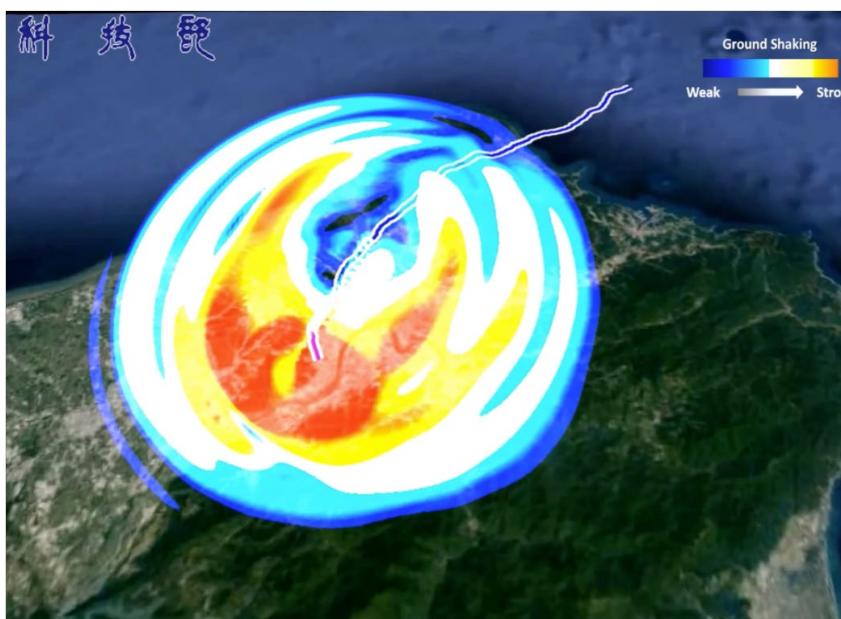
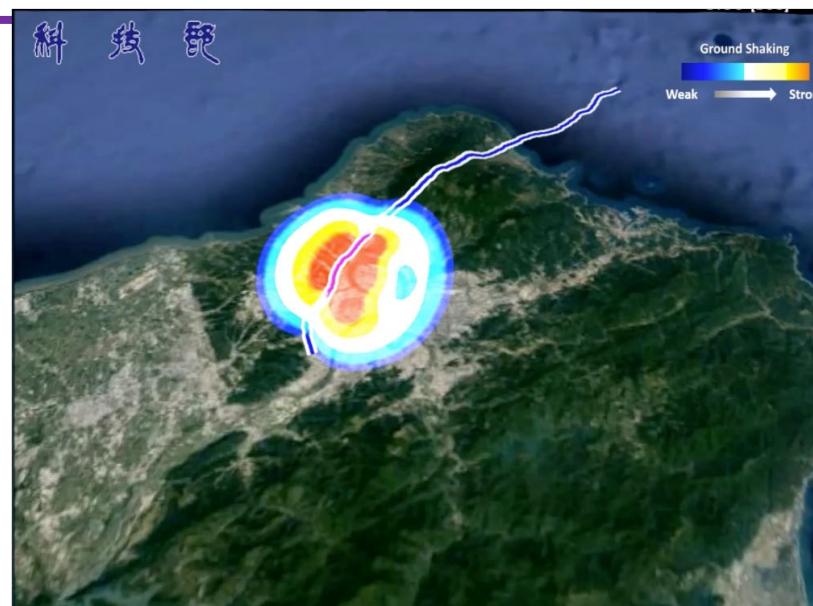
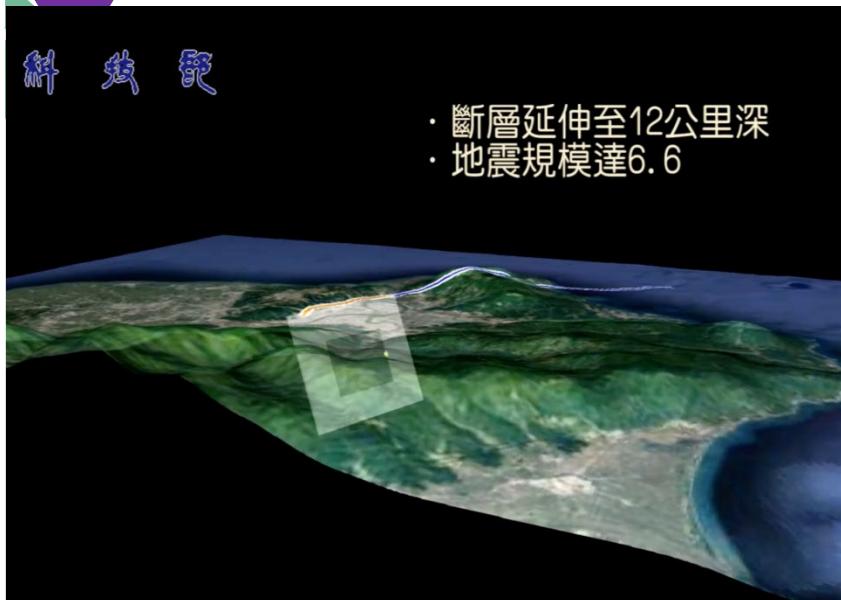
- 口整合我國現有之**數值地形**與**地震波速度構造**
- 口涵蓋整個北臺灣之模擬分析構造模型，來進行**發震情境準確評估**



地球物理構造模型

震後地震波傳遞之時空結果

(中興社 謝銘哲 顏銀桐 博士)





山腳斷層錯動引致地表加速度分布

震度七級(>400gal)地區

□ 新北市(10個區)

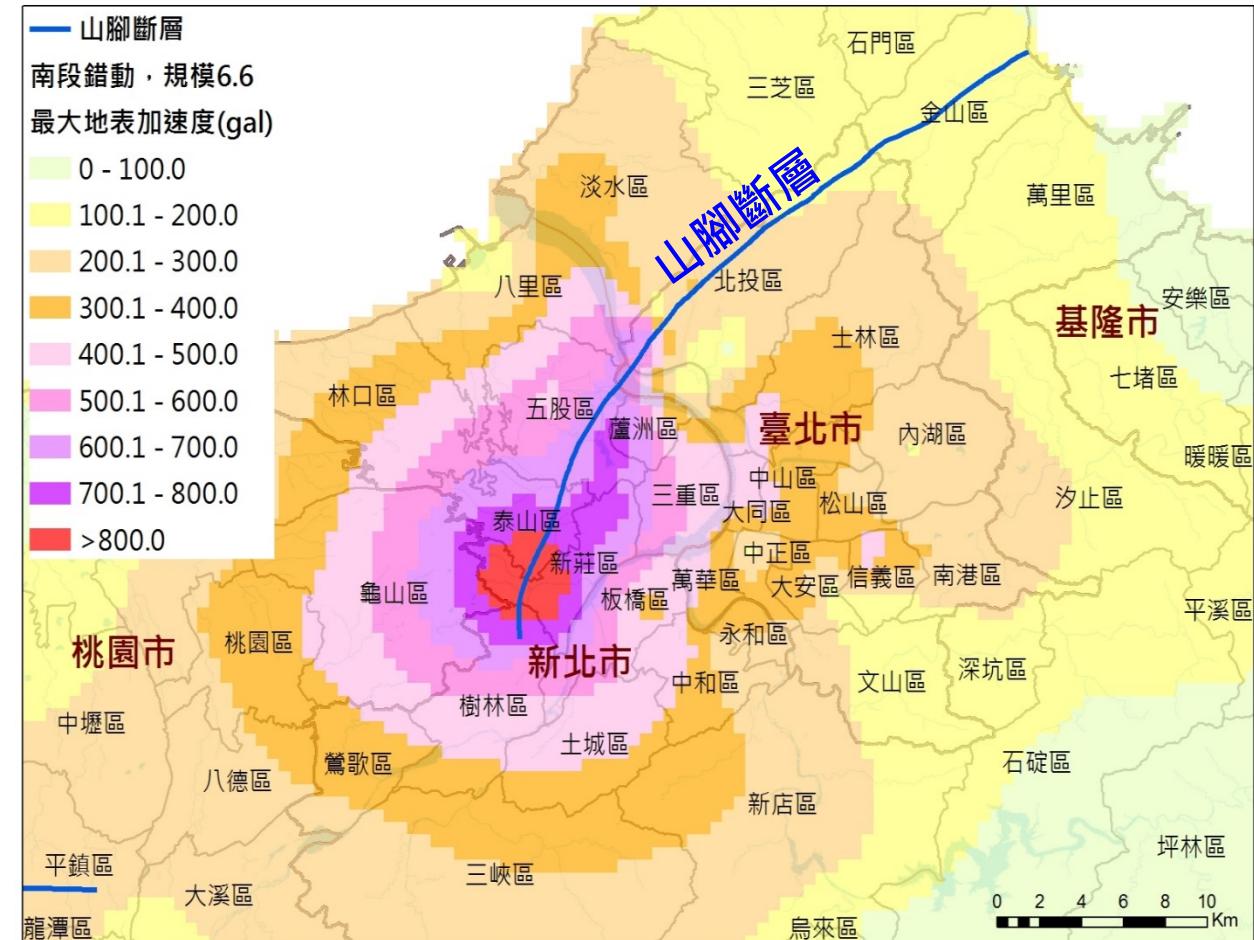
- ✓ 五股、蘆洲、三重、板橋、中和、土城、樹林、龜山、林口、八里等區

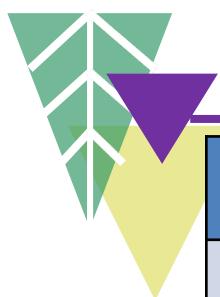
□ 臺北市(5個區)

- ✓ 士林、中山、大同、萬華、信義等區

□ 桃園市(1個區)

- ✓ 龜山區





災損推估結果總覽 (NCDR)

項目	數量
建物破壞	一般建物(棟) 4,400 (老舊810)
	公有建物受災高風險 (棟) 3
	學校建物(棟) 19
	短期收容(人) 60,400
人員傷亡(人)	4,100
交通破壞	道路封閉高風險(路段) 嚴重17；中度45
	橋梁封閉高風險(座) 13 (結構嚴重損壞：公路5；鐵路2)
供水設施破壞	淨水場中度損壞(座) 1
	加壓站中度損壞(座) 13
	配水管線災損數 9,440
變電所破壞(座)	9

*評估項目尚有建物受困人數、搜救隊推估等

全臺重要都會區情境模擬 (尚未通過)

台灣孕震構造圖

中台灣

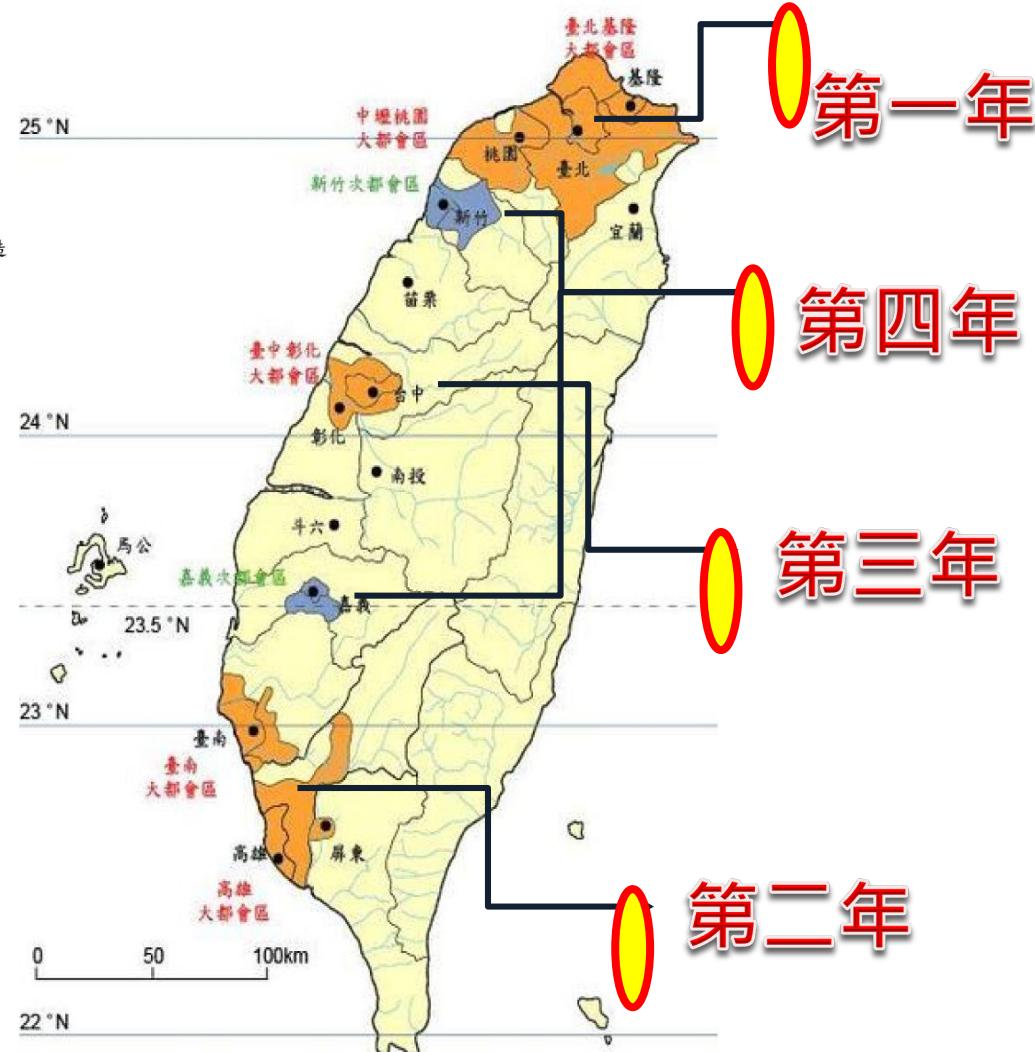
- 10 苗栗前緣構造
- 11 銅鑛構造
- 12 東部苗栗構造
- 13 獅潭斷層
- 14 三義斷層
- 15 屯子腳斷層
- 16 彰化斷層
- 17 車籠埔斷層
- 18 大茅埔-雙冬斷層
- 20 梅山斷層

南台灣

- 19 九芎坑斷層
- 21 嘉義前緣構造
- 22 木屐寮-六甲斷層
- 23 中洲構造
- 24 新化斷層
- 25 後甲里斷層
- 26 旗山斷層
- 27 小崙山斷層
- 28 高屏溪構造
- 29 潮州斷層
- 30 恒春斷層
- 31 恒春離岸構造

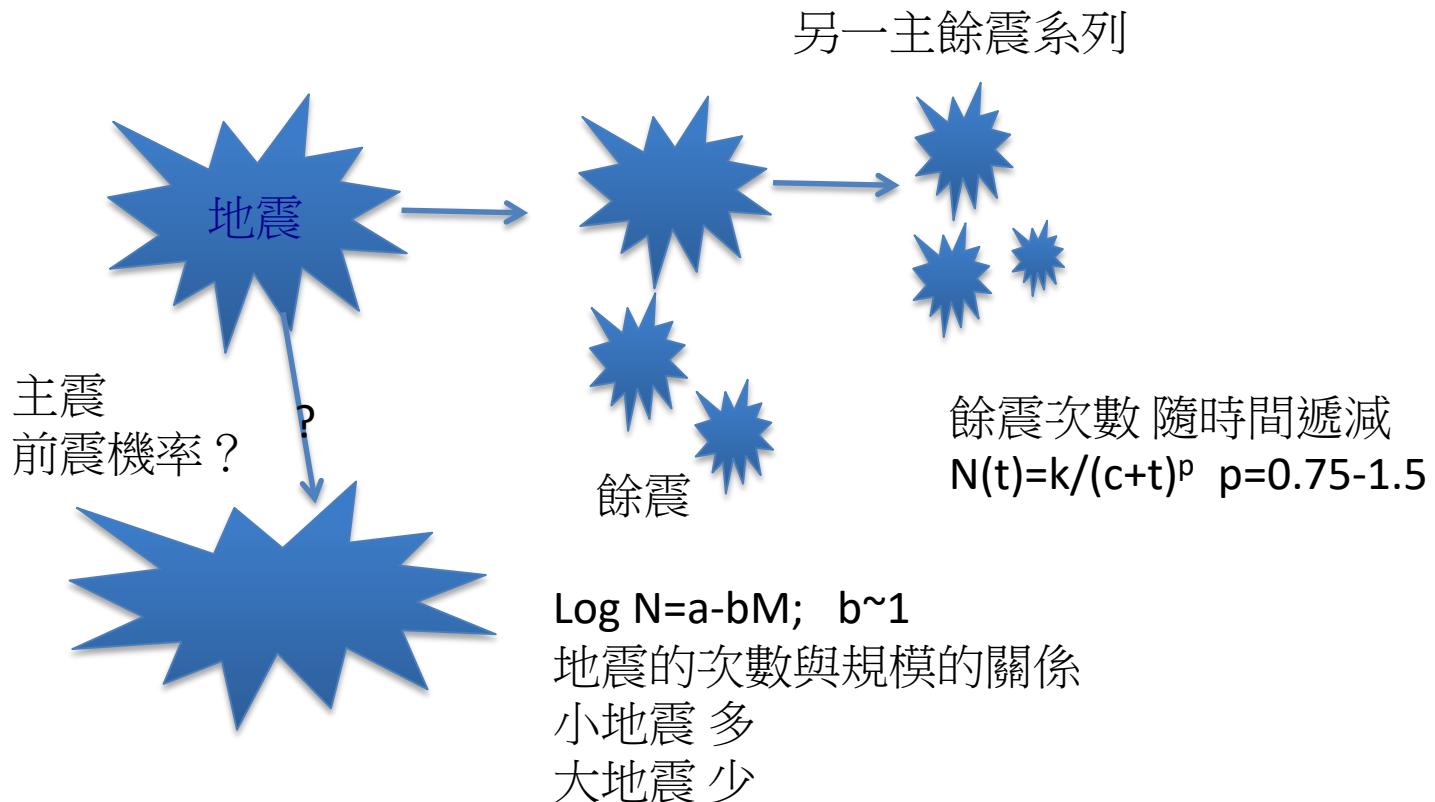


基準日 2015年1月1日



1. 以人口稠密之都會區優先進行情境模擬，後續再陸續完成其他區域
2. 隱沒帶地震事件亦須詳加納入考量

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



傳染型餘震序列模型 (ETAS) 以大數據建立AI餘震預測模型 及地振動機率預估（發展中）

ETAS

A space-time version of the **epidemic-type aftershock sequence model** (Ogata, 1988)

- 目的：研析地震目錄，設定時空範圍，評估餘震地震活動特性**進行風險管理**
- 應用：**美國、紐西蘭、日本**等國均已投入此類技術於地震目錄分析

中興社：謝銘哲 顏銀桐 博士
E-DREaM：廖怡雯 李雅渟博士

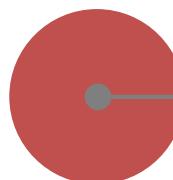


地震災害鏈前瞻及永續發展對策



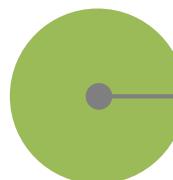
防災產業

災損機率資訊提供保戶、保險公司、再保險公司及保險經紀有災害識別及協調空間的談判空間



企安產業

企業風險管理能有效評斷、控管、及策略擬定，需要由災損推估數據作為依據，始能做出最佳化決定



資訊產業

評估技術發展過程，需搭配資訊技術，資訊軟硬體需求性存在，可帶動資訊產業多元應用面向

NOTE:

針對國內企業(包含科學園區)危害風險調查：雖然颱風洪水為台灣最頻繁的災害但，企業最大災害風險為地震直接及間接損失，且非常需要國內相關研究可提供具體的策略

國內外產業合作單位: SinoTech (Taiwan) 、 EOS (Singapore)

Startup: Temblor, Inc. (USA)

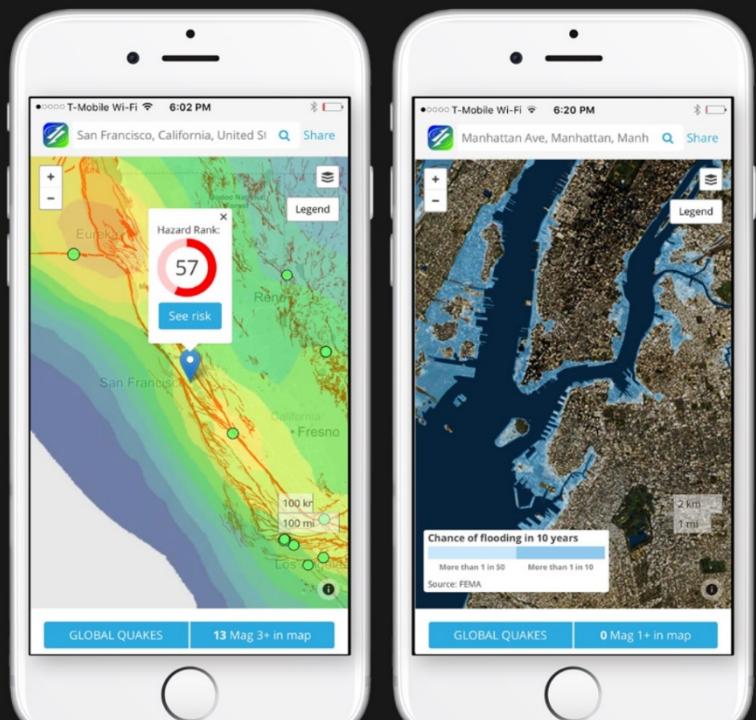
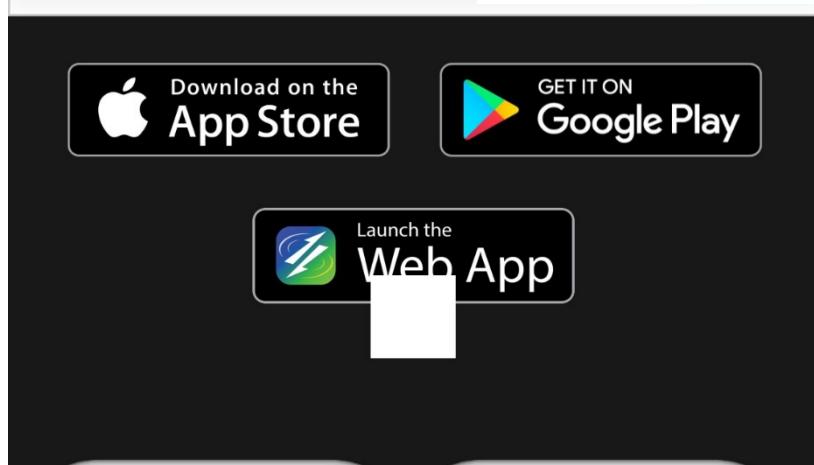


Temblor – E-DREaM App WebGIS 2020



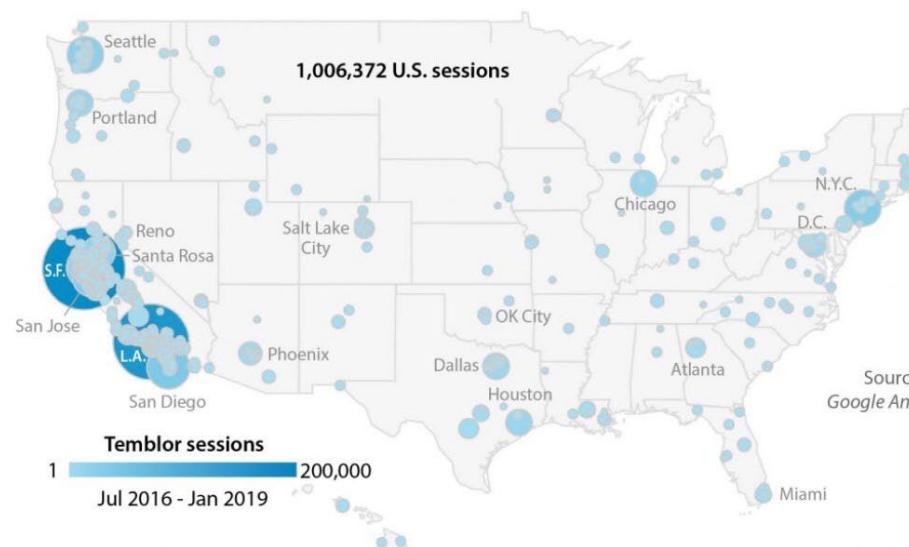
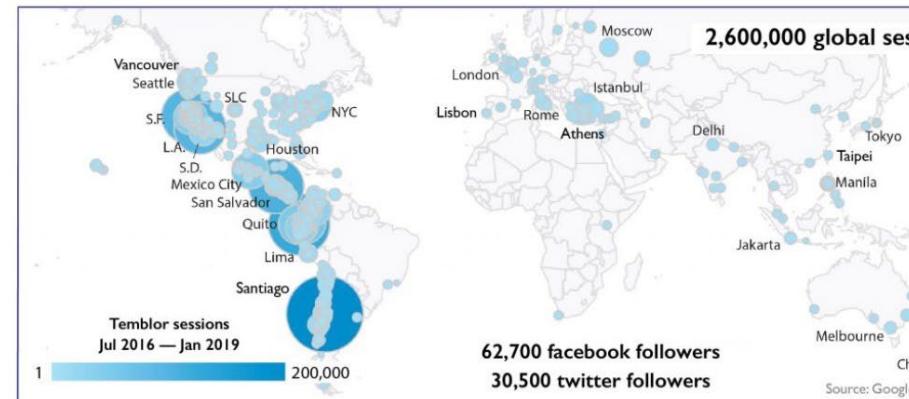
flood info
temblor®

E-DREaM
2019

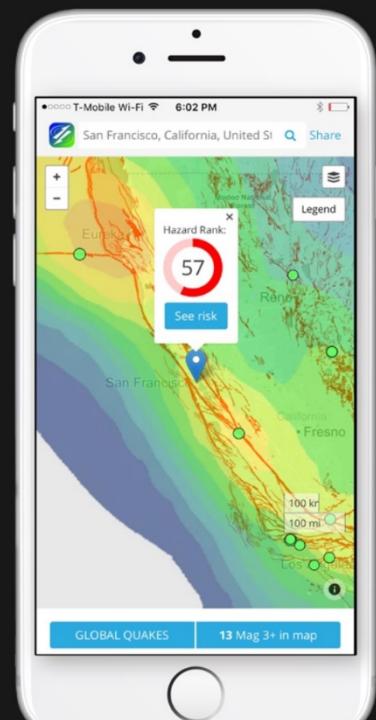
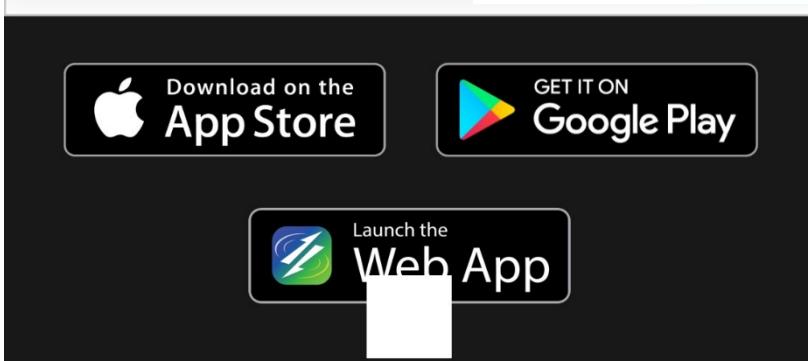


Become part of our global and national community

中文界面 國際通用已愈百萬使用者



Temblor – E-DREaM App WebGIS 2020



科普文章『震識』
『台灣地震科學中心地震彙整』

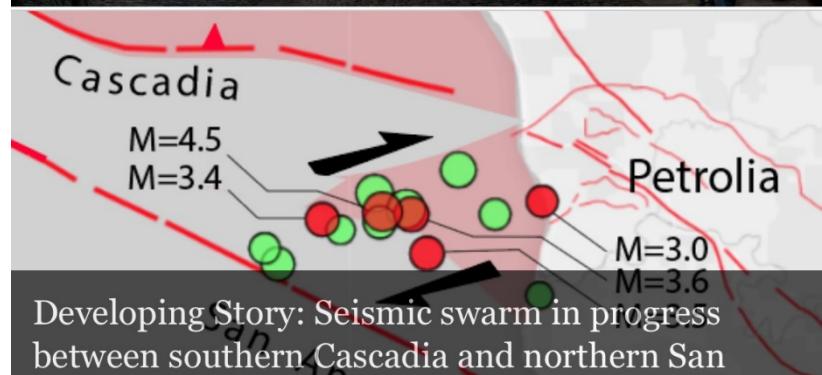
AT&T 52% 下午5:26



What's happening this week in Humboldt County, California: The squeeze



El día de ayer millones sintieron el terremoto de México-Guatemala que probablemente se desencadenó por el megaterremoto de 2017



Developing Story: Seismic swarm in progress between southern Cascadia and northern San

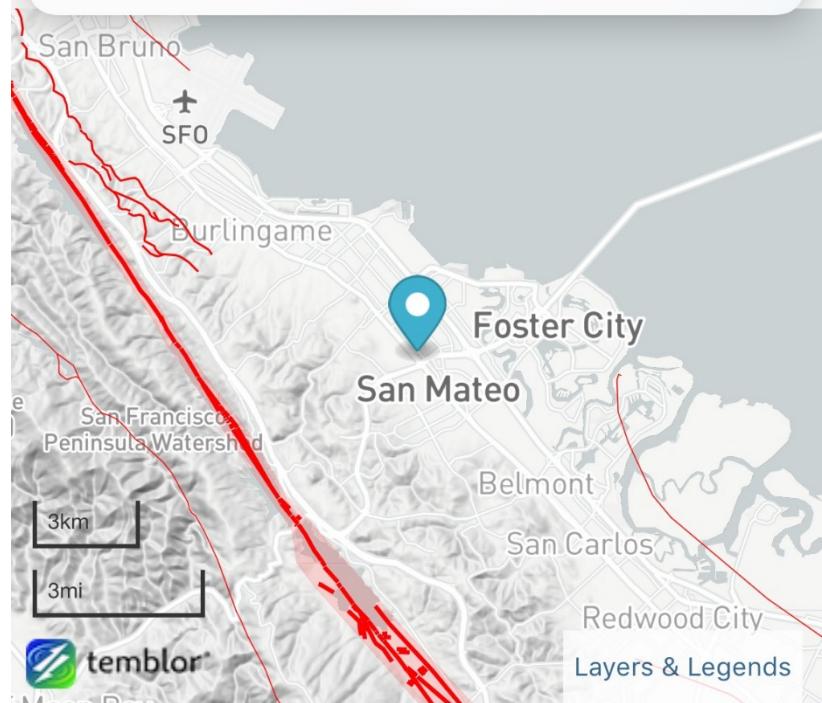
Temblor – E-DREaM App WebGIS 2020



Download on the App Store GET IT ON Google Play

Launch the Web App

台灣 PSHA2019 (2020) 地震危害潛勢及風險資訊



Earthquake Score: **59**/100 (See why) [Edit building](#)

In a **M=7.9** on the **San Andreas Fault** (0.51g, USGS)

High chance of injuries, and months to a year repair time

Likely Repair Cost

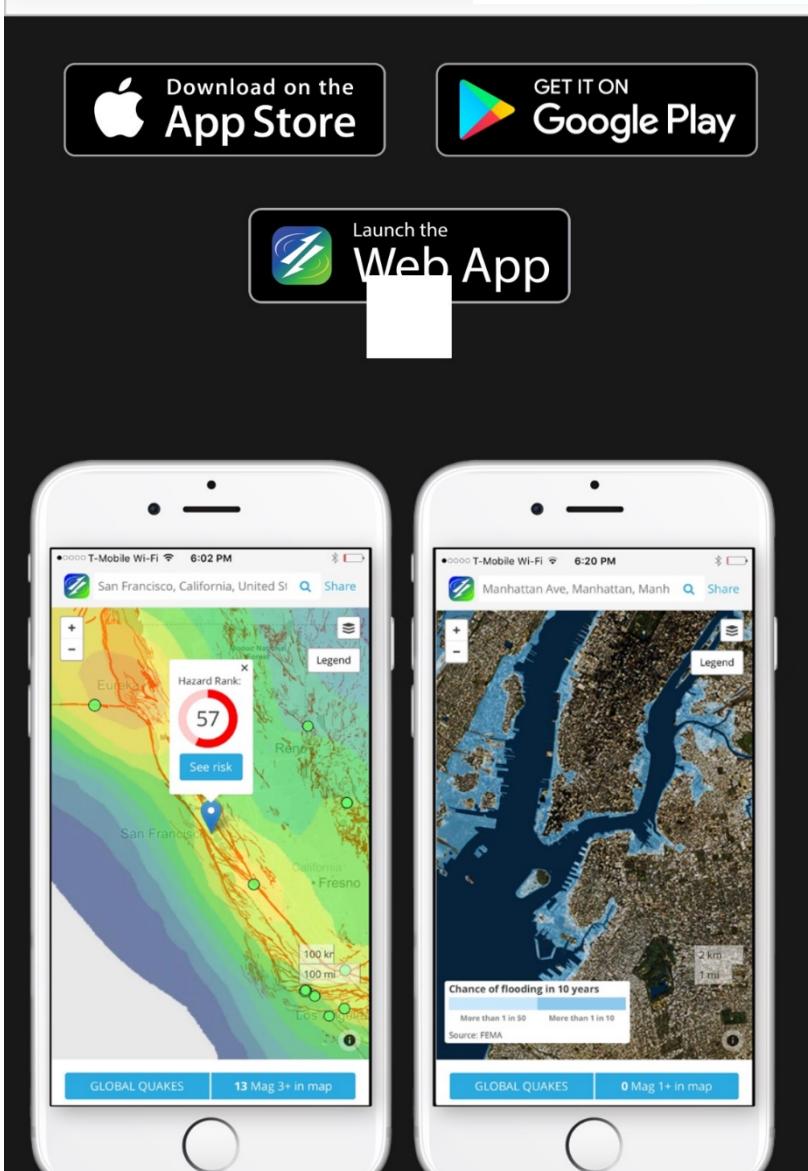
\$156,000
without retrofit

Out-of-Pocket Cost

\$156,000
w/out insurance

[Find insurance and/or retrofit for this location](#)

Temblor – E-DREaM App WebGIS 2020



台灣 PSHA2019 (2020)
地震危害潛勢及風險資訊
液化 山崩 海嘯 滲溢 滲水 潛勢

Terrain

Satellite

Liquefaction



Landslide



Earthquake Forecast



Tsunami



Flood



Fire



Quakes (clickable) and Faults

30 days 24 hours Minor Major Megathrust



MAP IT!



E-DREaM

<http://eqkc.earth.ncu.edu.tw/E-DREaM/>



基本資料

國家協力機構

- 交通部中央氣象局 CWB
- 經濟部地質調查所 CGS
- 國家災害防救科技中心 NCDR

中央大學 地球科學學院

共同合作單位

- 國立中央大學 NCU
- 國立中央大學地球科學院 CES, NCU
- 中央研究院地球科學研究所 IES
- 台灣地震科學中心 TEC
- 台灣地震模型 TEM

研究

E-DREaM
研究表現

產業連結

E-DREaM
與產業互動連結
開發新科學前緣
技術

產業加值 應用發展

E-DREaM
研究成果產出
及科學技術發
展最佳化與產
業化

永續數位 風險管理

E-DREaM
永續性與數位災
害風險管理



475年機率式地震山崩潛勢圖

2475年機率式地震山崩潛勢圖

謝謝 Thank You



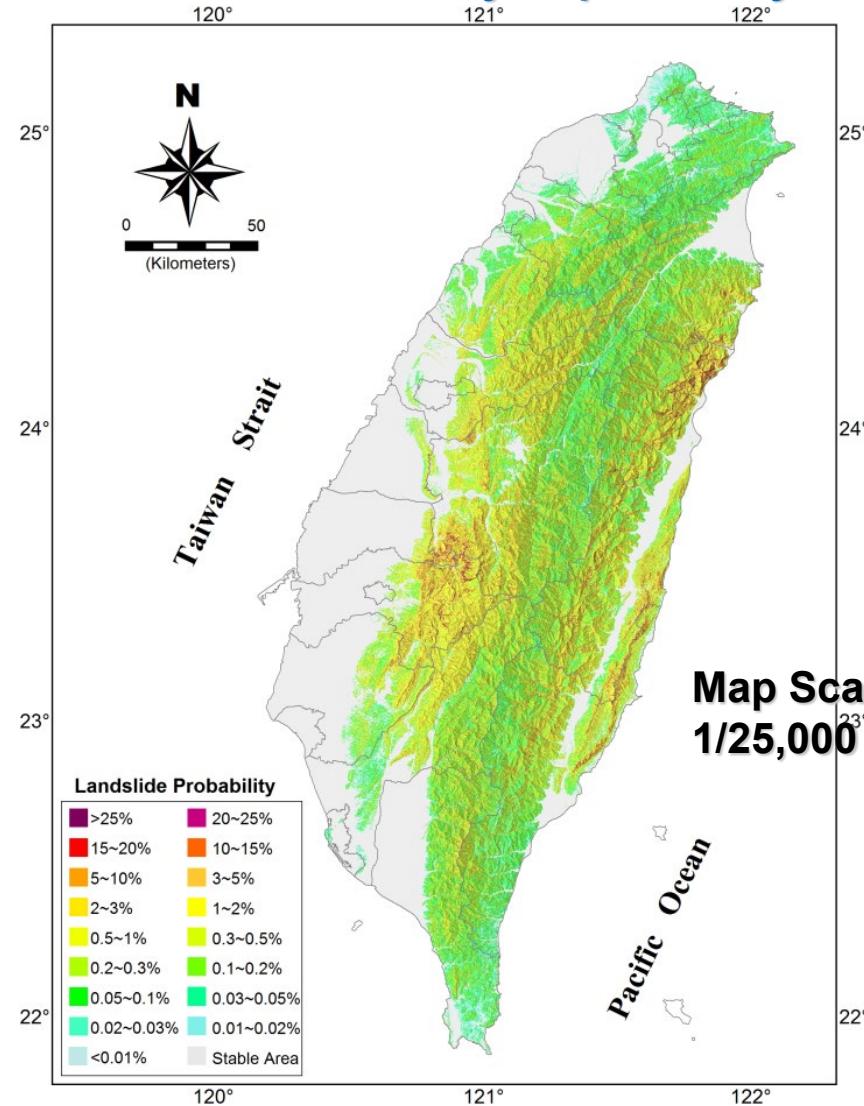
Email: fong@ncu.edu.tw



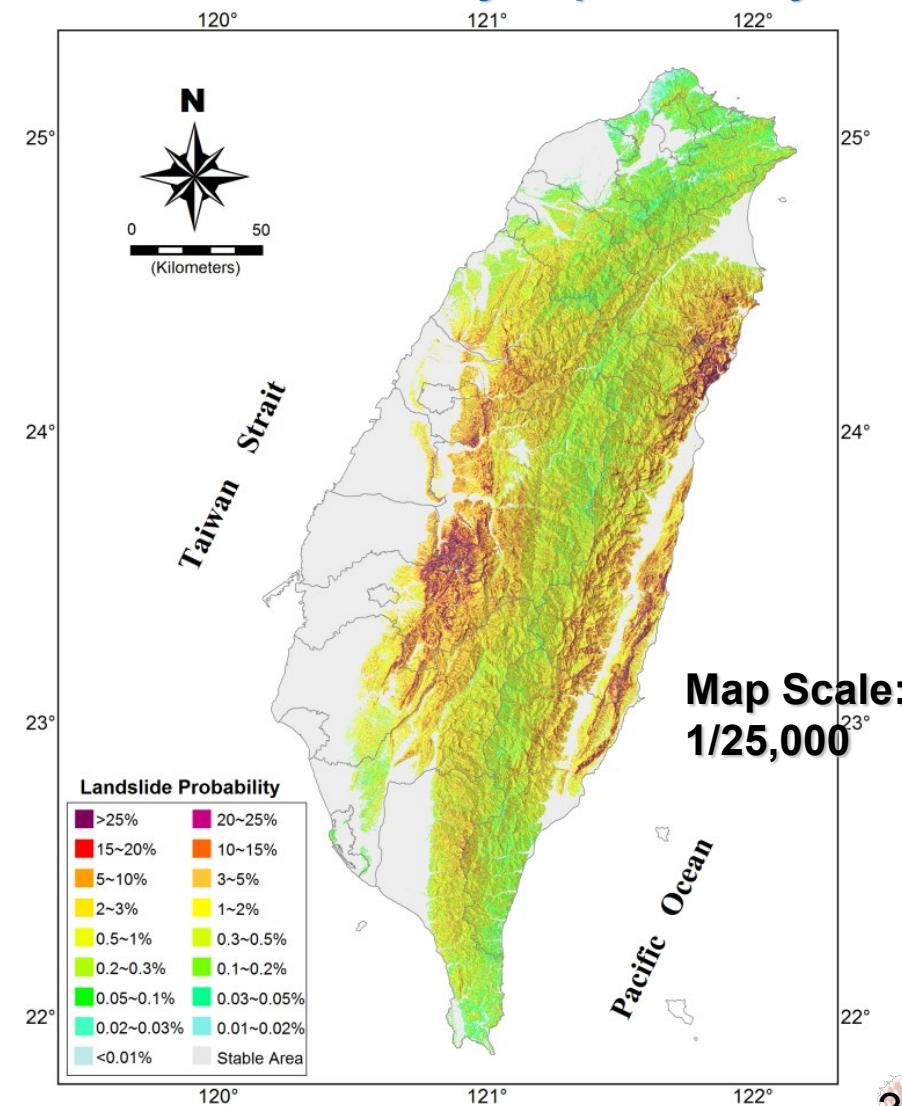


Seismic Landslide Hazard Map of Taiwan

Landslide Probability Map for 475-year EQ

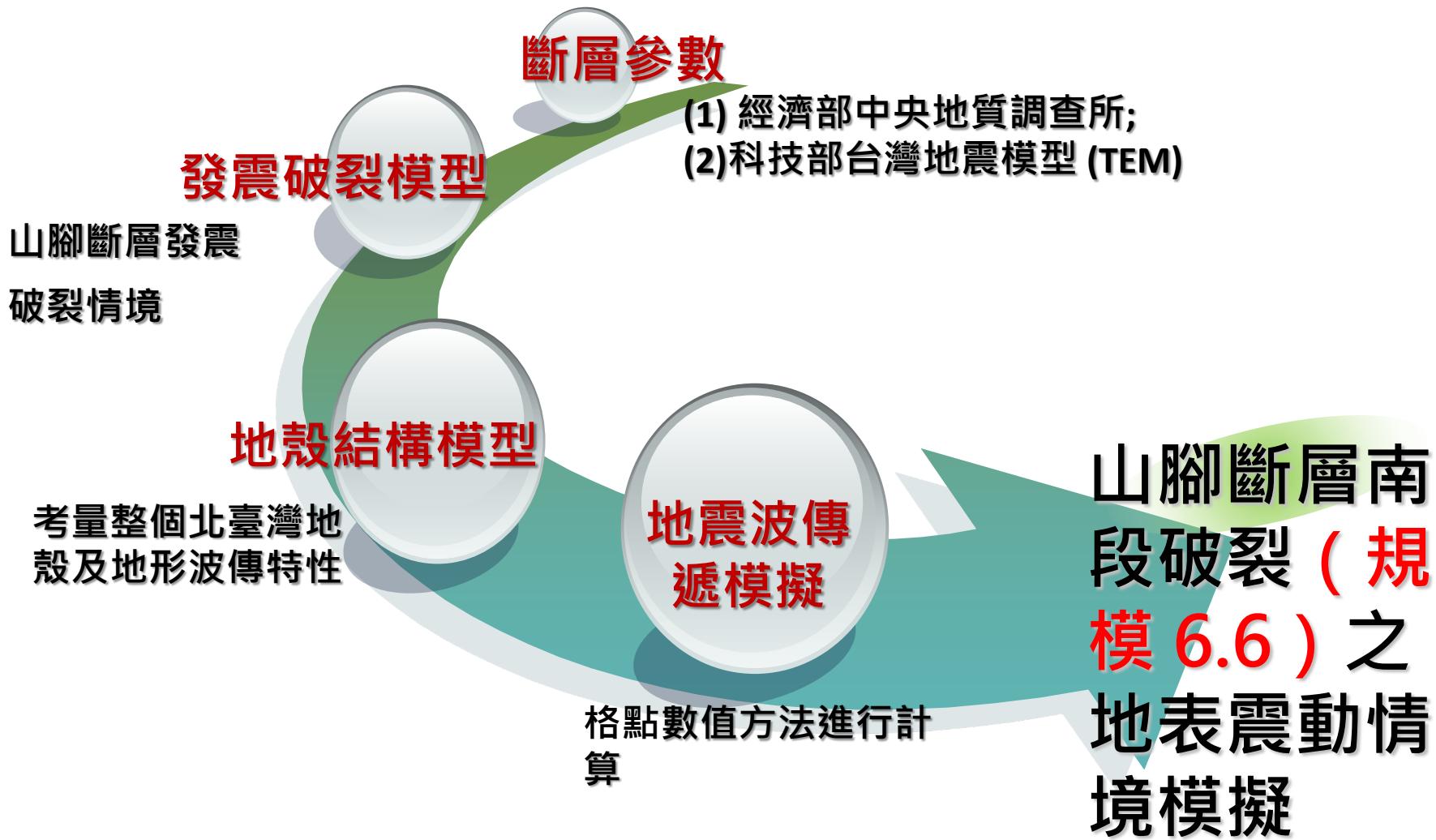


Landslide Probability Map for 2475-year EQ

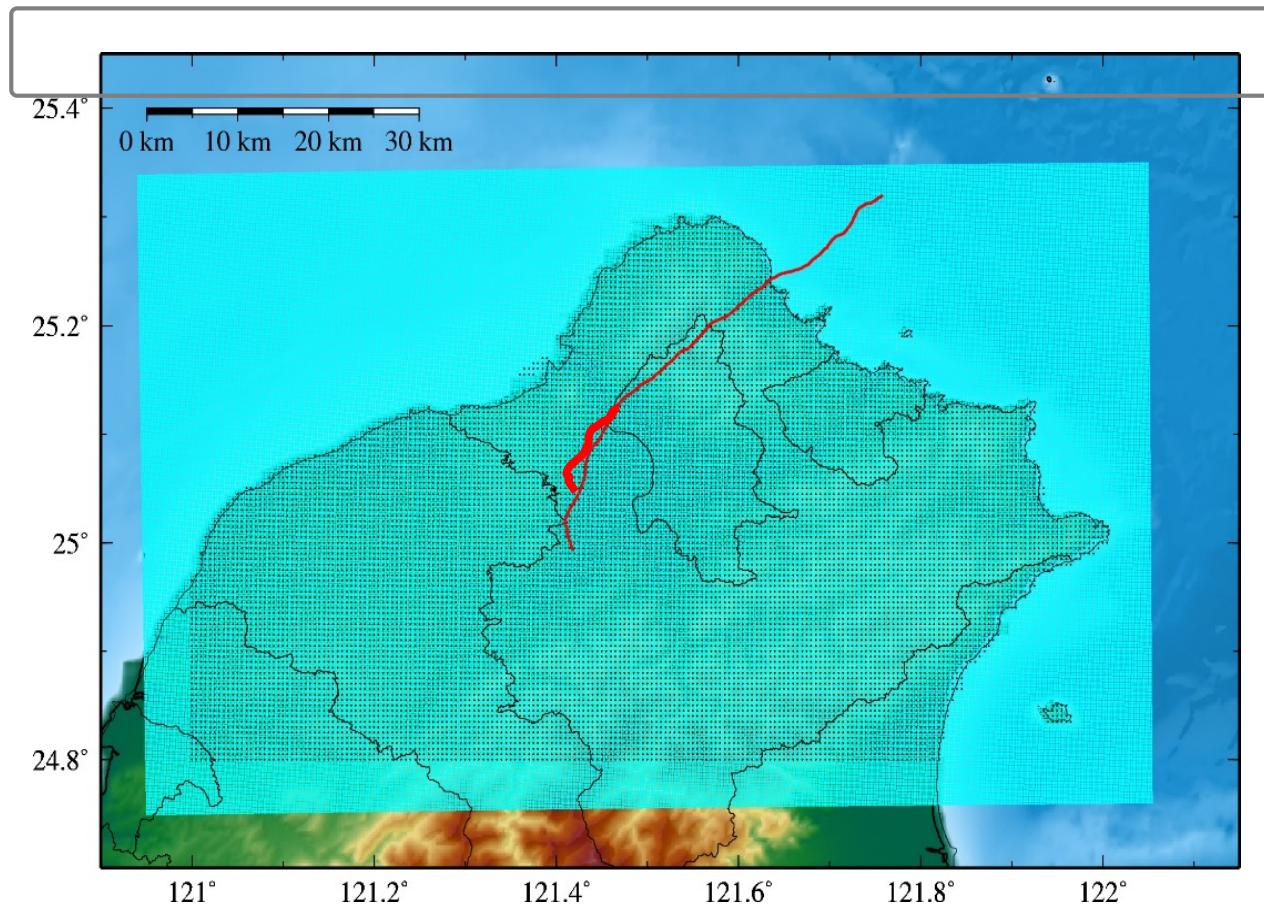


地震情境模擬程序（106先導計劃）

行政院災防辦公室 提案報告



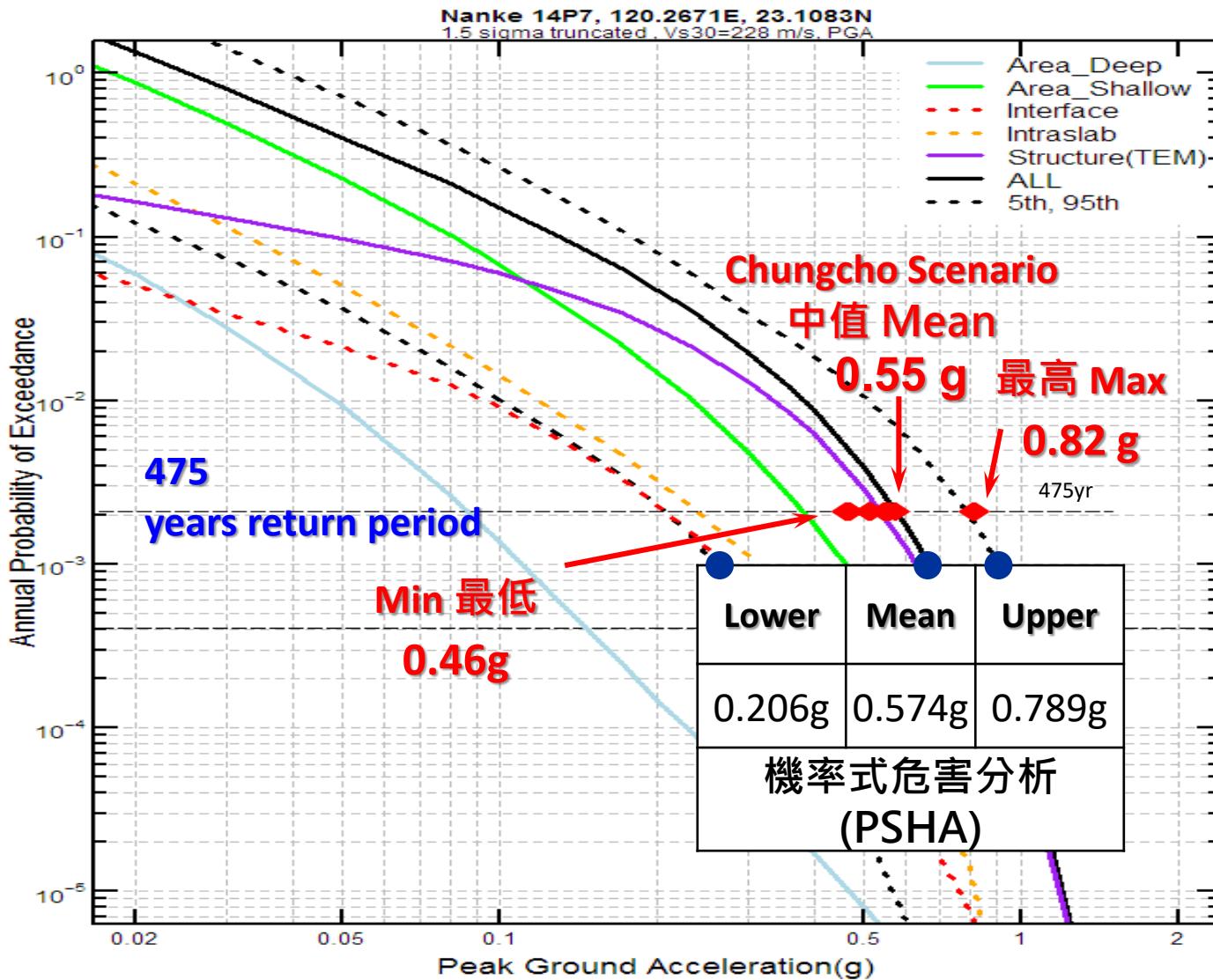
山腳斷層南段破裂運算



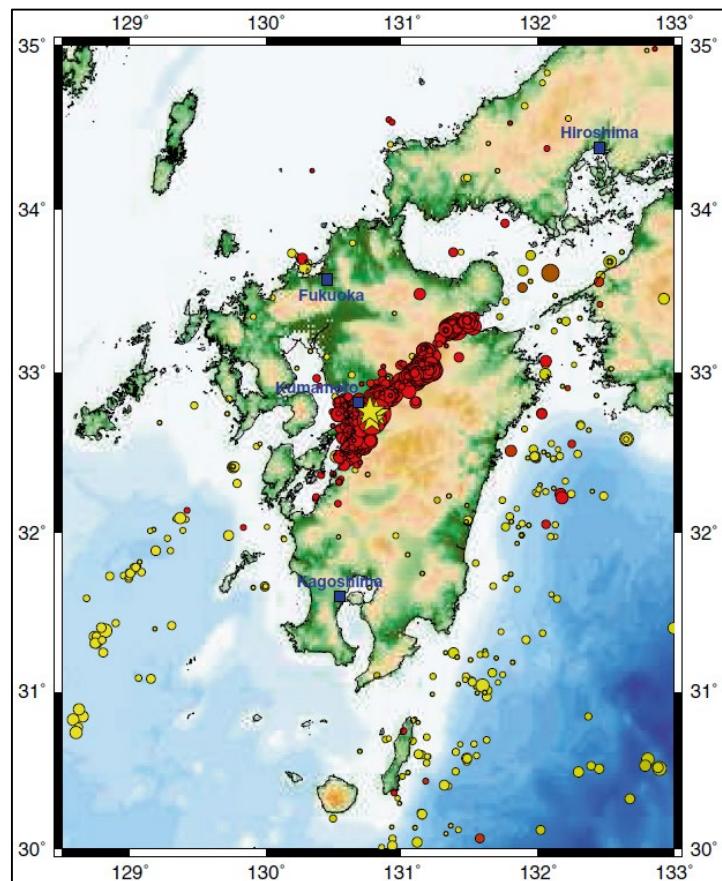
青色區域：200 公尺格點地震動數值模擬之運算解析度
黑點：500公尺網格隔距輸出之虛擬測站(共13,216站)

景況模擬地動對應475年地動值影響範圍

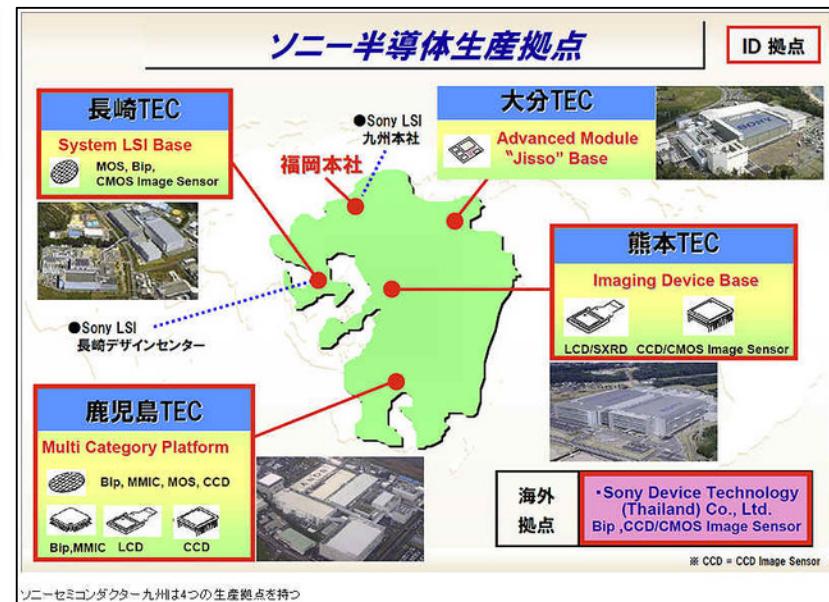
Sinotech



熊本地震序列對日本衝擊



2016熊本地震主餘震分布



SONY於九州之半導體產線

地震に翻らがない国にする
地震本部
政府 地震調査研究推進本部
The Headquarters for Earthquake Research Promotion

文字のサイズ 小 中 大 日本語 English Google フルスクリーン検索

地震本部とは 地震・津波の知識 地震に関する評価 計画と予算 データベース

▶ > 計画と予算 > 地震調査委員会関係報告書 > 「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書

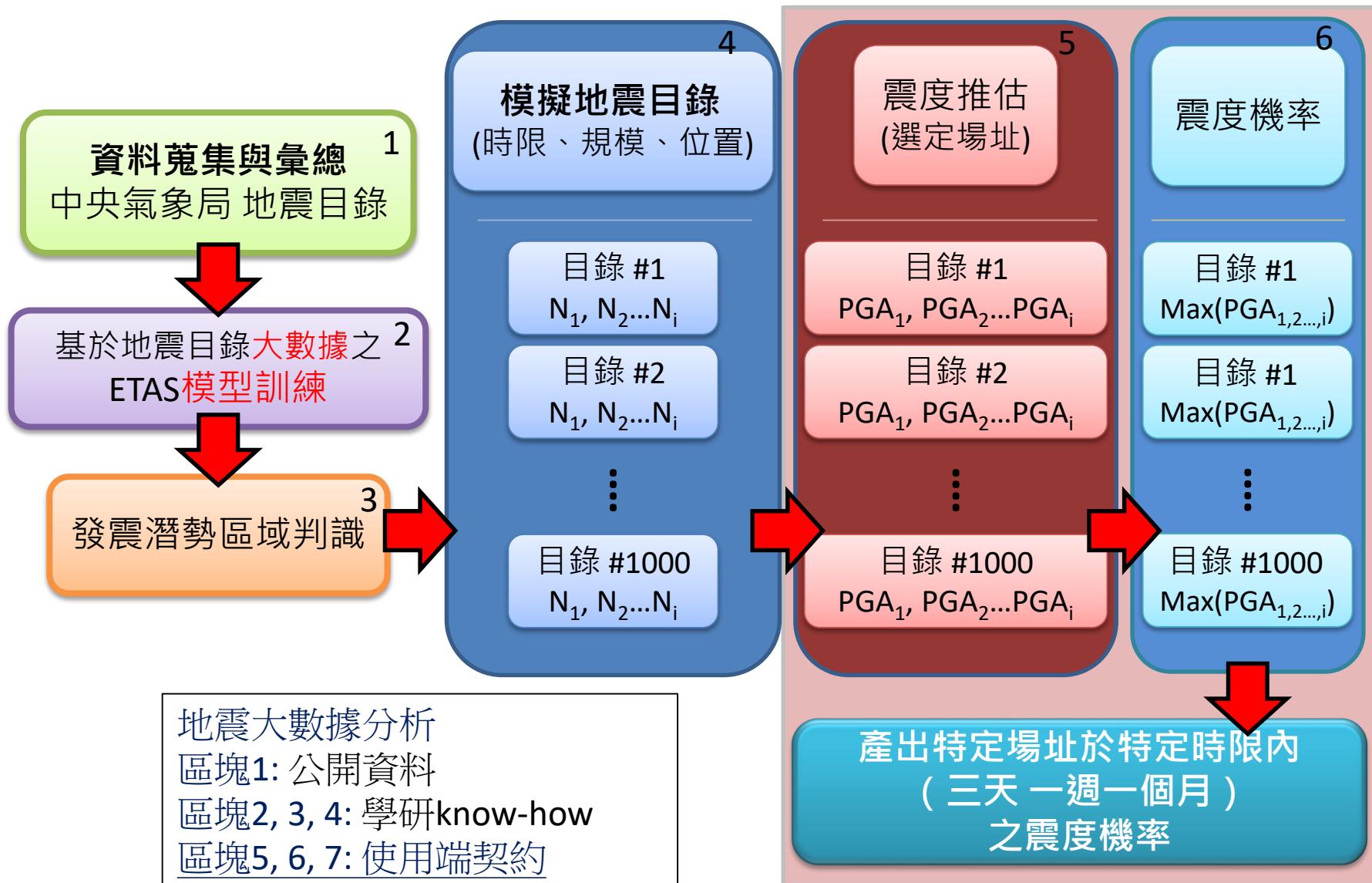
平成28年8月19日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書

- 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方 PDF (pdf 4,630KB)
- 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方（概要） PDF (pdf 183KB)
- 「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」の公表にあたって（地震調査委員長見解） PDF (pdf 60KB)

熊本地震後，日本對餘震推估設立推估方法準則
→ 採用ETAS技術

契約式使用端震度機率推估模組 (發展中)







地動潛勢及危害度分析

- ❖ 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

Science – Engineering – Industry (social-economic impact)

- ⇒ 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)

2015-2030 仙台減災綱領

Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030

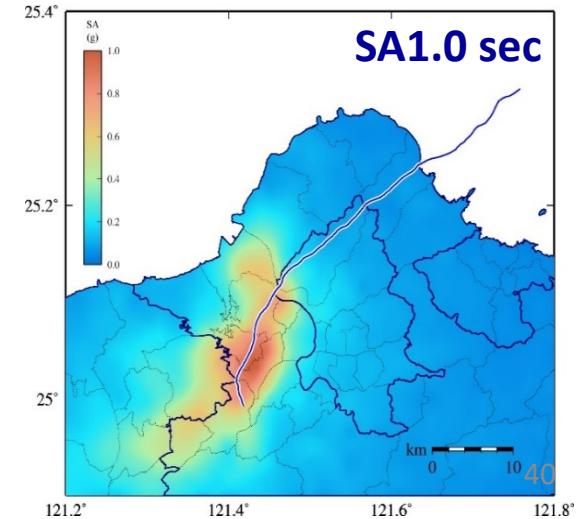
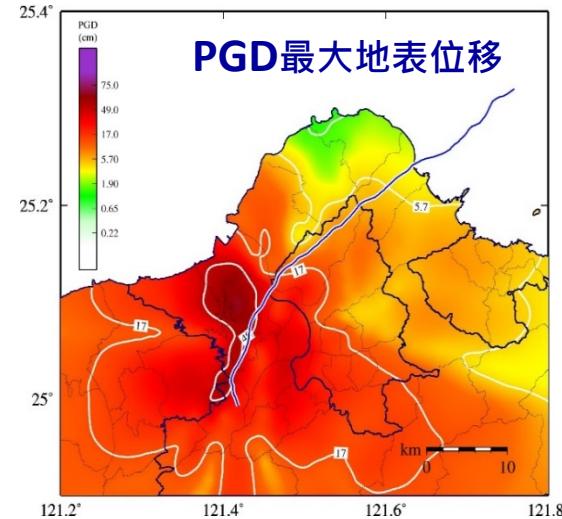
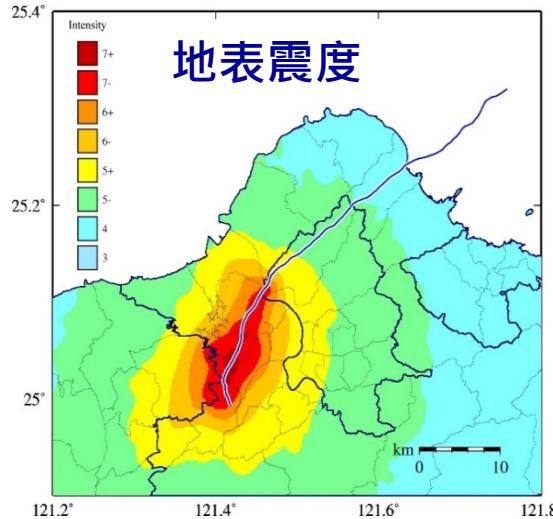
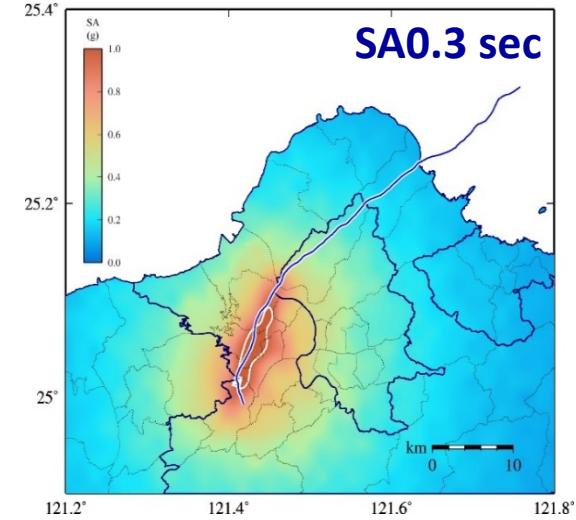
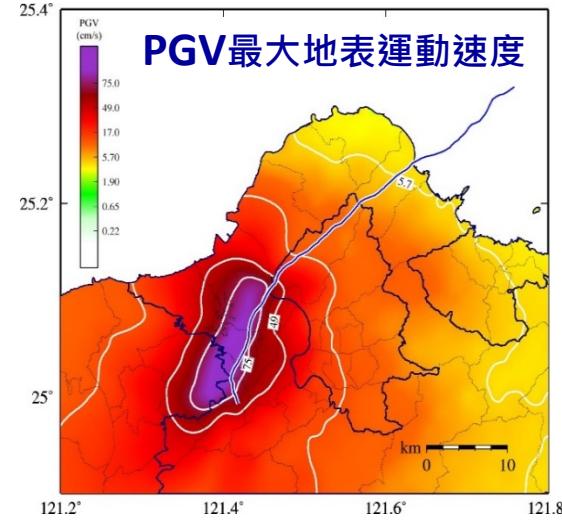
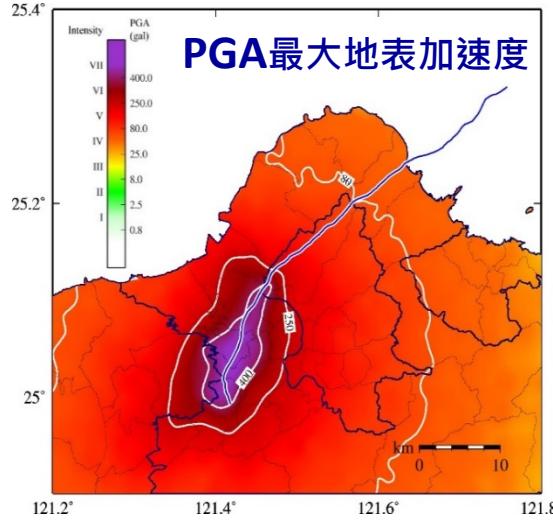


UN World Conference on
Disaster Risk Reduction
2015 Sendai Japan



地震波傳遞情境模擬之災損評估相關參數

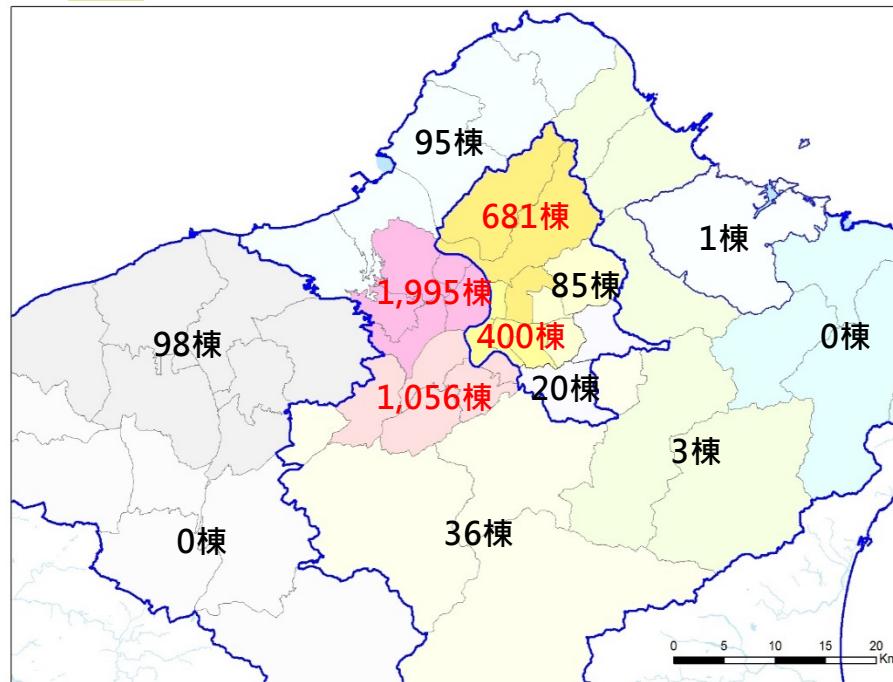
□ 以工程基盤(剪力波速為760 公尺/秒)為基準



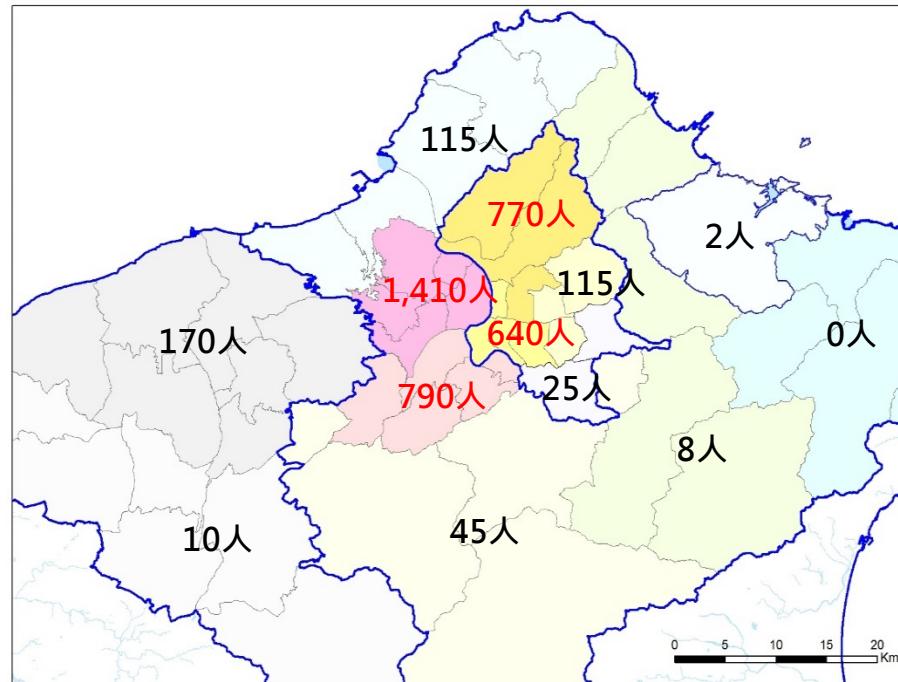
建物毀損與人員傷亡分析結果



■ 各分區建物破壞棟數



■ 各分區傷亡人數



縣市	低樓層	中樓層	高樓層	超高樓層	總棟數
新北市	1,640	1,410	80	<10	3,130
臺北市	430	700	40	0	1,170
桃園市	30	50	<10	0	90
基隆市	0	<10	0	0	<10
總計	2,100	2,160	120	<10	4,400

縣市	輕傷	中等傷	重傷	死亡	傷亡和
新北市	5,010	2,140	1,380	980	2,360
臺北市	3,510	1,460	900	660	1,560
桃園市	510	180	100	70	170
基隆市	10	<10	<10	<10	<10
總計	9,040	3,780	2,380	1,710	4,100

公有建物受災風險分析

受災風險	機關數
高風險	3
中風險	12
低風險	202

註：

- **高風險**：結構物受損嚴重，無法使用
- 中風險：部分結構元件受損，修復後可使用



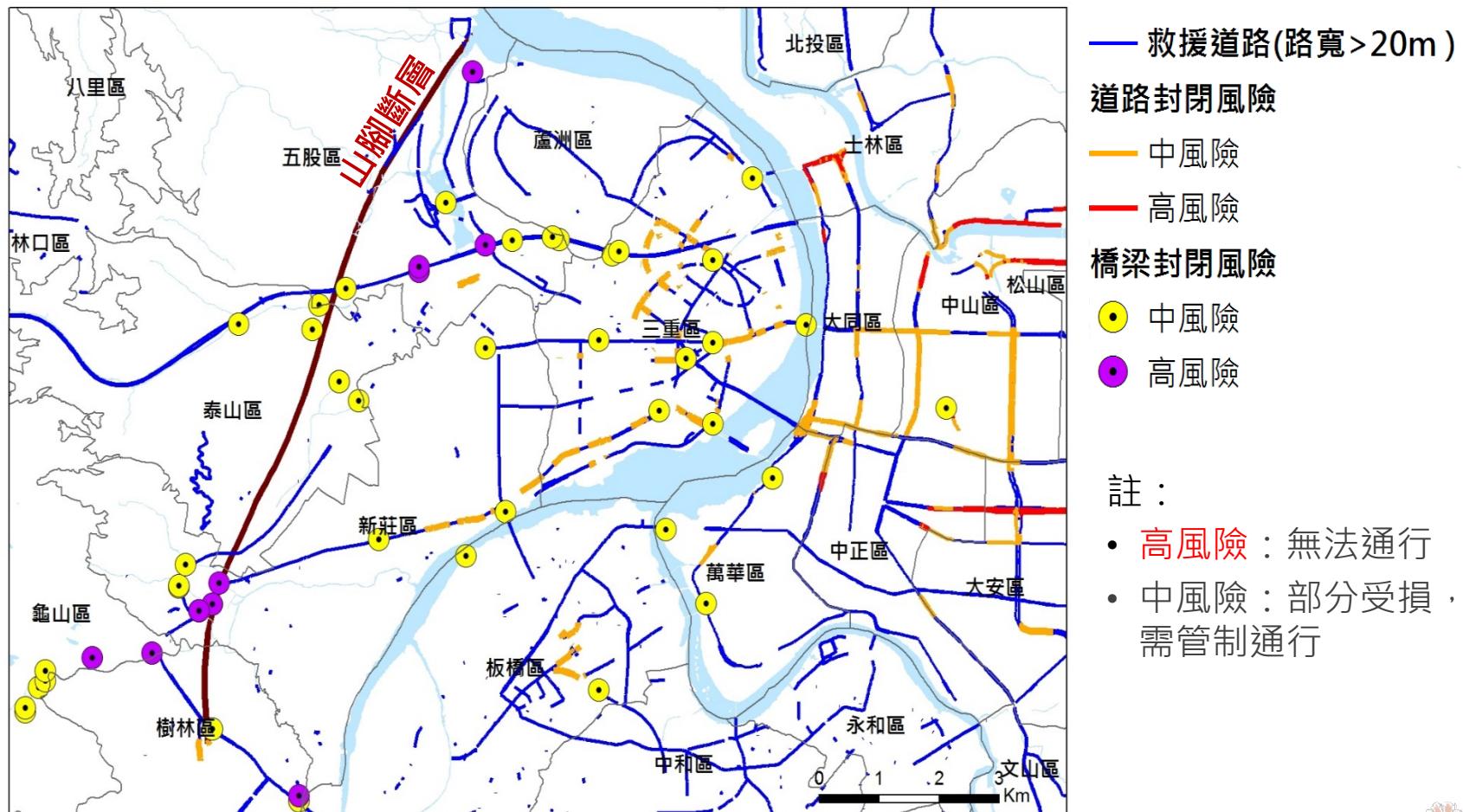
道路與橋梁損壞分析結果

道路封閉高風險(路段)

嚴重17；中度45

橋梁封閉高風險(座)

13 (結構嚴重損壞公路5；鐵路2)





供水供電受災風險分析



淨水廠中度損壞	1座
加壓站中度損壞	13座
配水管線災損數	9,440處

註：

- 中度損壞：設施失效約一週，可能使供水品質降低

變電所嚴重損壞	9座
---------	----

註：

- 嚴重損壞：供電中斷，需派員修復設備元件方能復電



參考「日本地震調査研究推進本部」之「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」(Recipe)律定震源參數

- ❖ 地栓 (asperity) 總面積為斷層總面積之22%
(Somerville *et al.*, 1999 ; Lee, Ma, & Yen, TAO, 2016; 顏銀桐 , 博士論文)
- ❖ 主要地栓面積 I (Asperity I) : 次要地栓面積 II (Asperity II) = 16 : 6
(Irikura & Miyake, 2001)
- ❖ 滑移量 (D) 之關係 (Somerville *et al.*, 1999; Ishii *et al.*, 2000)
地栓滑移量 (D_{asperity}) = 1.5 x 平均滑移量 (D_{mean})

Case	Length (km)	(M_w)	Depth (km)	Dip (degree)	Width (km)	Area (km^2)	Slip Rate (mm/yr)	Recurrence Interval (yr)
中洲構造	29.7	6.9	12	30	24	712.8	12.20 ± 0.60	100-110

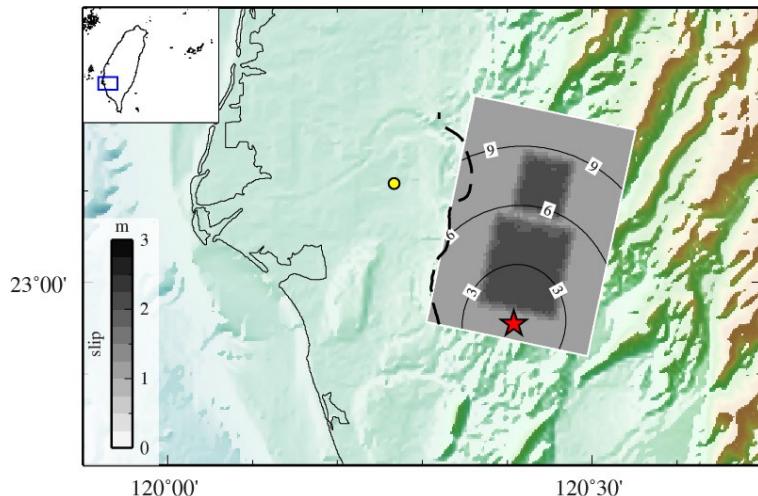
(TEM, 2015; Shyu *et al.*, TAO, 2016)



中洲構造景況模擬地震動成果 – 震源參數&震源模型

巨觀震源參數表 (Macro-Parameters)

地震矩規模 (M_W)	6.9
Seismic Moment (Nt-m)	2.8×10^{19}
Geometry (km)	L : 29.7 ; W : 24
Area (km ²)	712.8
Focal Mechanism (dg)	Strike : 13 ; Dip : 30 ; Rake : 90
Subfault (km)	L : 1.0 ; W : 1.0
Number of subfaults	Along strike : 29 ; along dip : 24



震源破裂模型(ID_01)示例

微觀震源參數表 (Micro-parameters)

Fault Rupture	
Rupture Speed (km/s)	2.4
Slip (m)	1.15
Source time function	2 sec Gaussian
Asperity I	
L (km)	10.6
Area (平方公里)	111.4
Slip on Asperity I (m)	2.01
Source time function	2 sec Gaussian
Asperity II	
L (km)	6.5
Area (km ²)	41.8
Slip on Asperity II (m)	2.01
Source time function	2 sec Gaussian

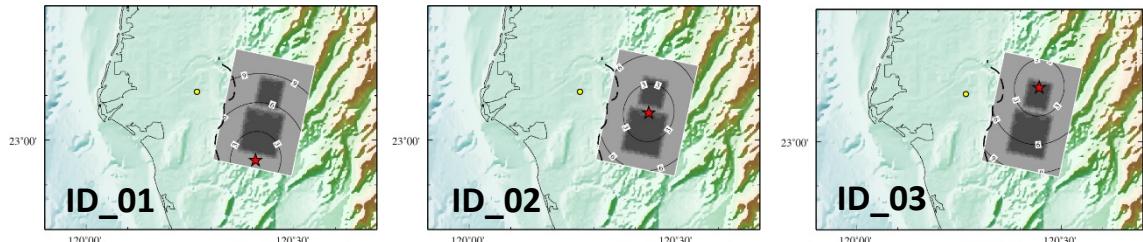
Sino Tech.
Dr. YT Yen and MC Hsieh



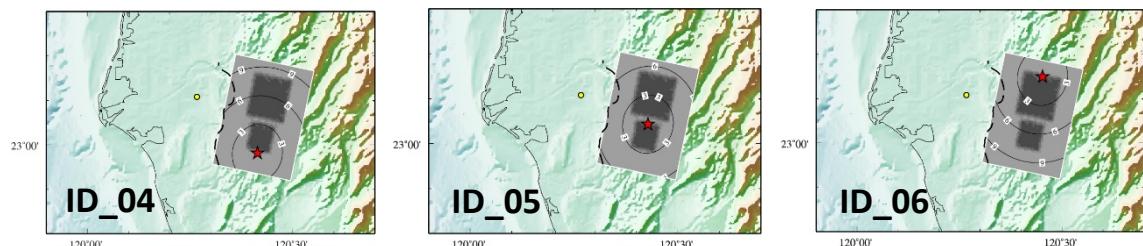
中洲構造景況模擬地震動成果 – 十組震源模型



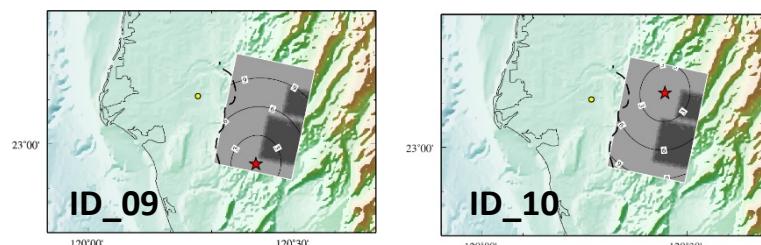
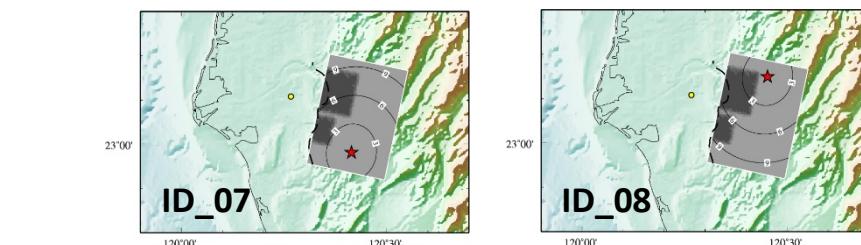
- 考量地栓位置



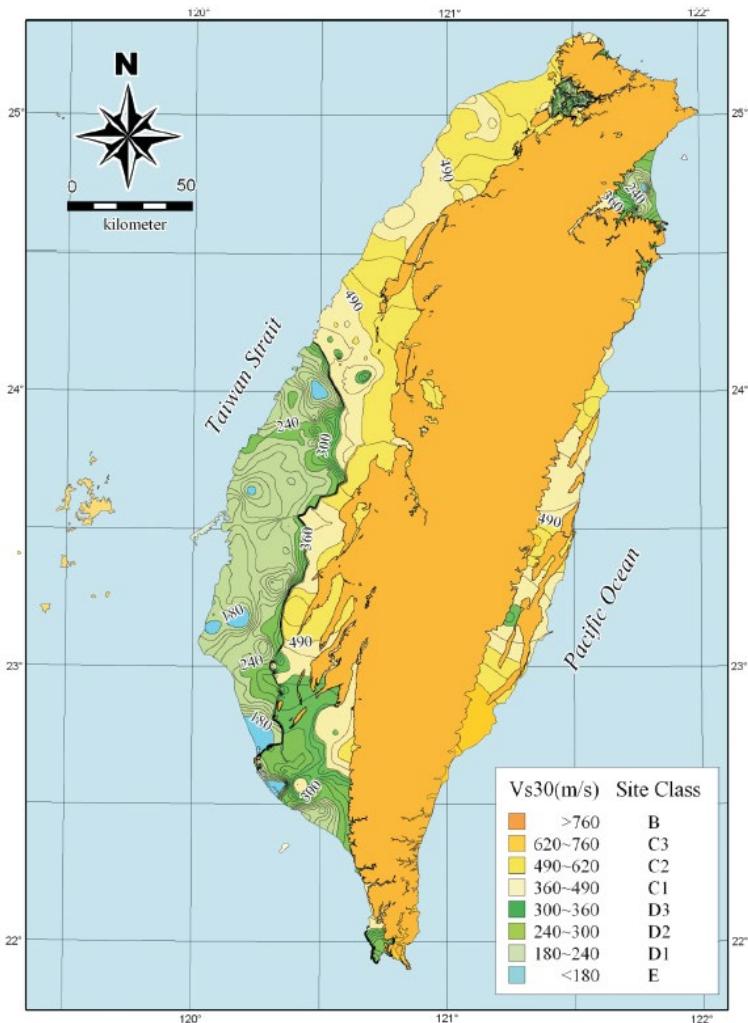
- 考量震源位置



- 考量破裂方向特性



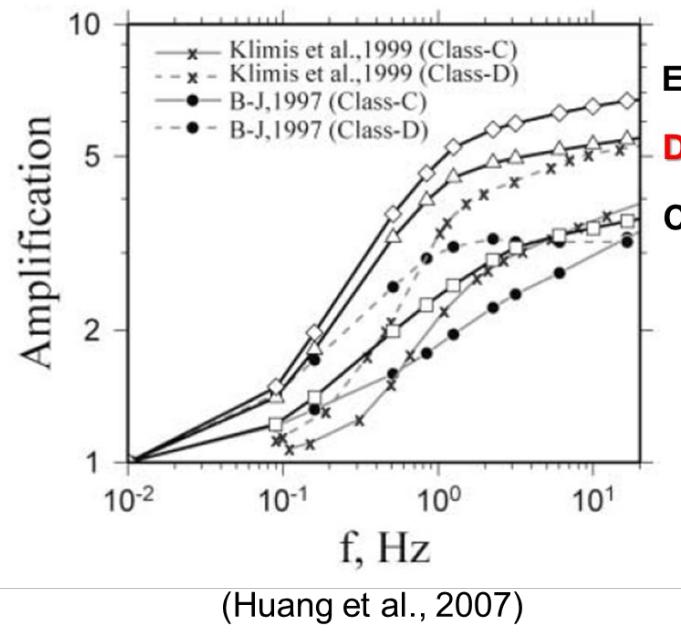
中洲構造景況模擬地震動成果 – 場址放大修正 (Site)



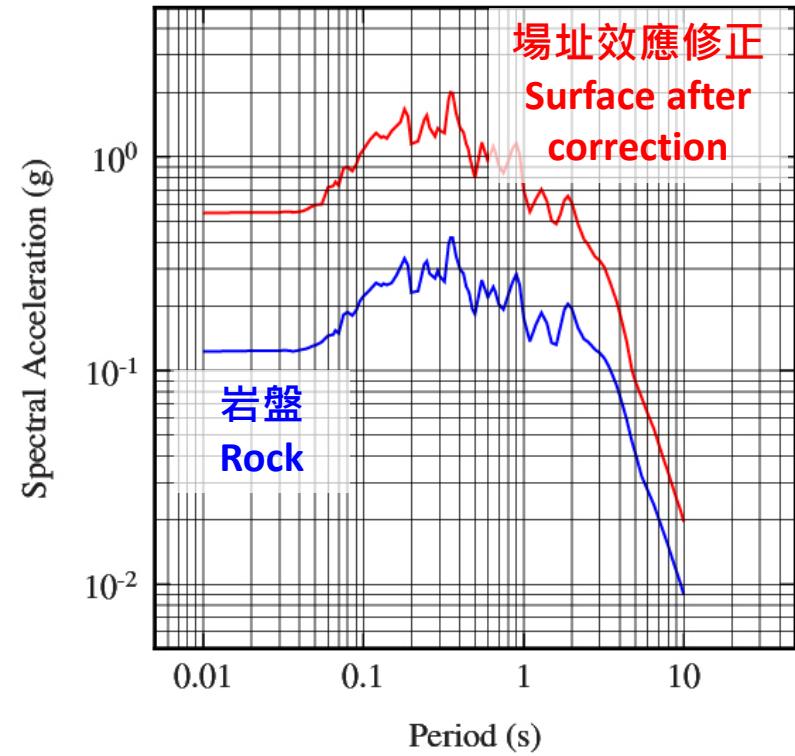
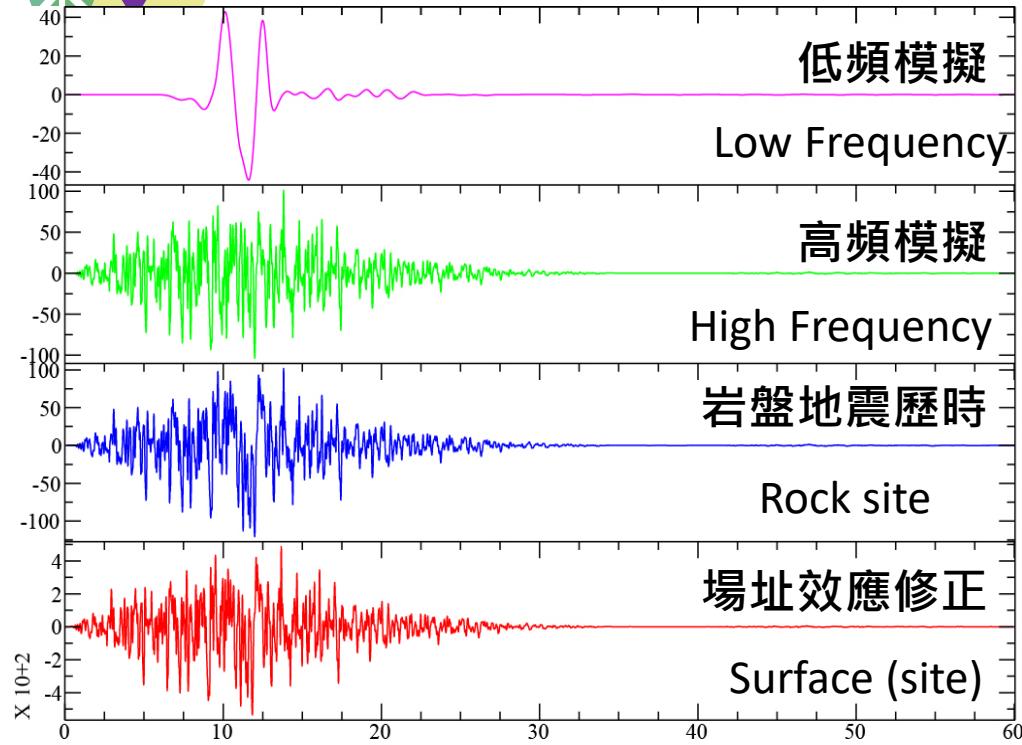
臺灣Vs₃₀分布圖

就FAB 14P7位置考量，以Lee&Tsai(2008)研究成果對於該工址 Vs₃₀為228 m/s，作為場址特性放大參考依據

- 以**D類**地盤（對應Vs₃₀為**180-360 m/s**）之簡易場址放大函數，進行景況模擬地震波修正
- 以Vs₃₀定義為 **228 m/s** 進行危害度分析



中洲構造景況模擬地震動成果 – 景況模擬結果 (Hybrid)



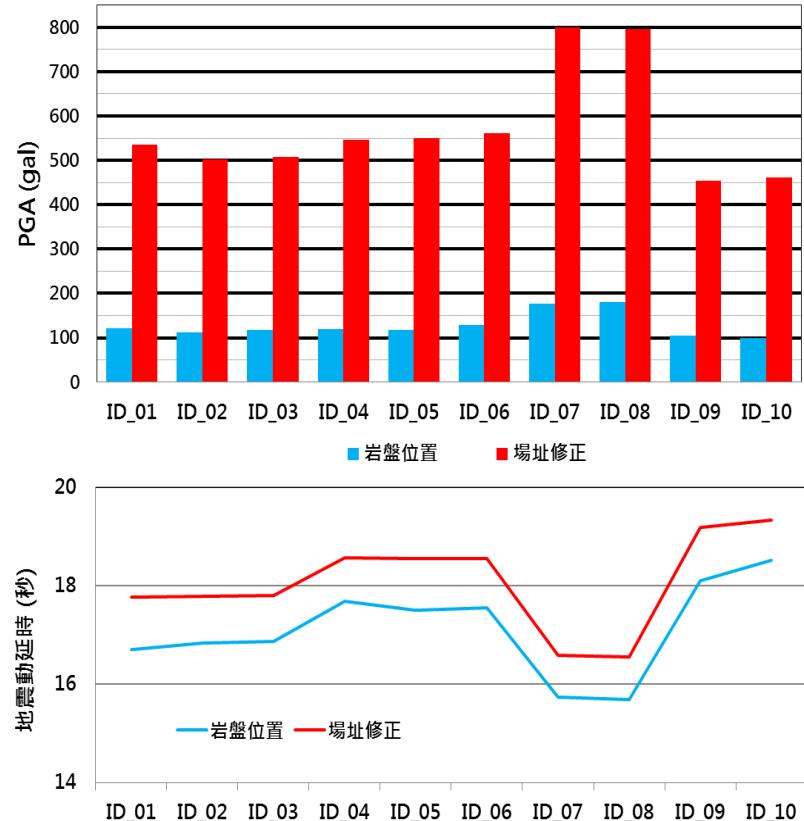
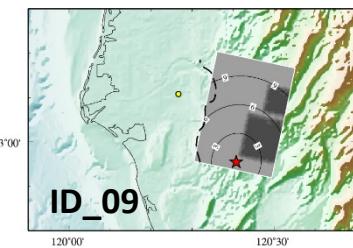
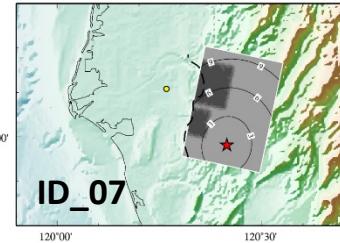
Fault Model	Mw	PGA (gal)	Shaking Duration (sec)
ID_01	6.9	535.4 (120.65)	17.77 (16.70)



中洲構造景況模擬地震動成果 – 景況模擬結果 Results

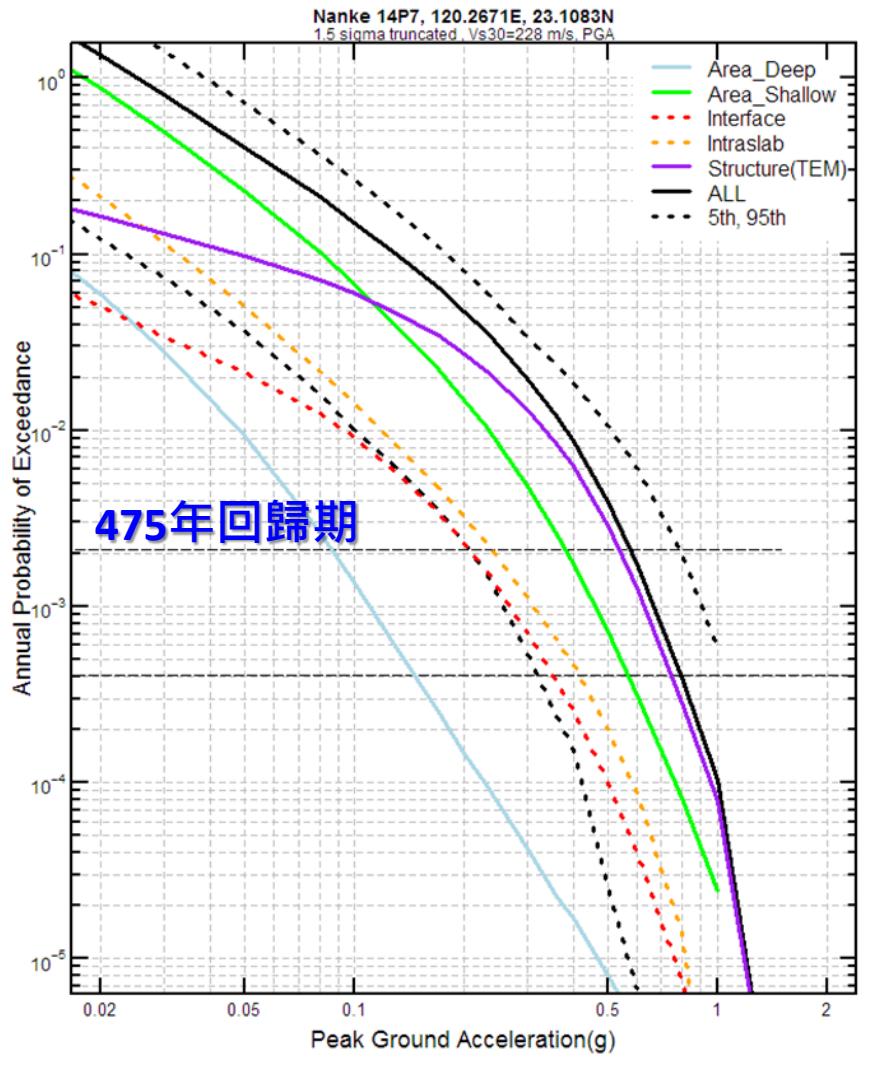
Median = 0.55 g

Model	Rock PGA (g)	Surface PGA (g)	Duration on Rock (sec)	Duration at Surface (sec)
ID_01	0.12	0.55	16.70	17.77
ID_02	0.11	0.51	16.84	17.78
ID_03	0.12	0.52	16.87	17.80
ID_04	0.12	0.56	17.68	18.57
ID_05	0.12	0.56	17.51	18.55
ID_06	0.13	0.57	17.55	18.55
ID_07	0.18	0.82	15.74	16.58
ID_08	0.18	0.81	15.68	16.55
ID_09	0.11	0.46	18.11	19.19
ID_10	0.10	0.47	18.52	19.34



危害度分析成果 – 475年回歸期危害度曲線與其地動範圍

Hazard Curve (475 years return period)



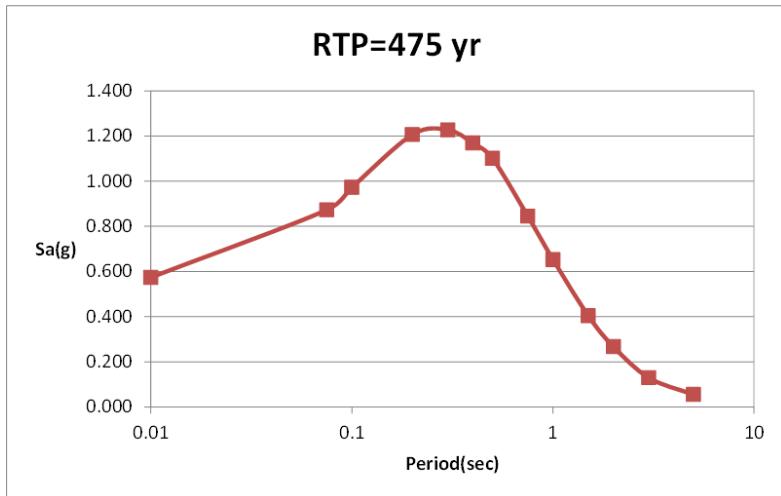
(V_s 30 = 228 m/s)

Return Period(Yr)	475 years	5th	mean	95th
Horizontal PGA(g)	0.206	0.574	0.789	

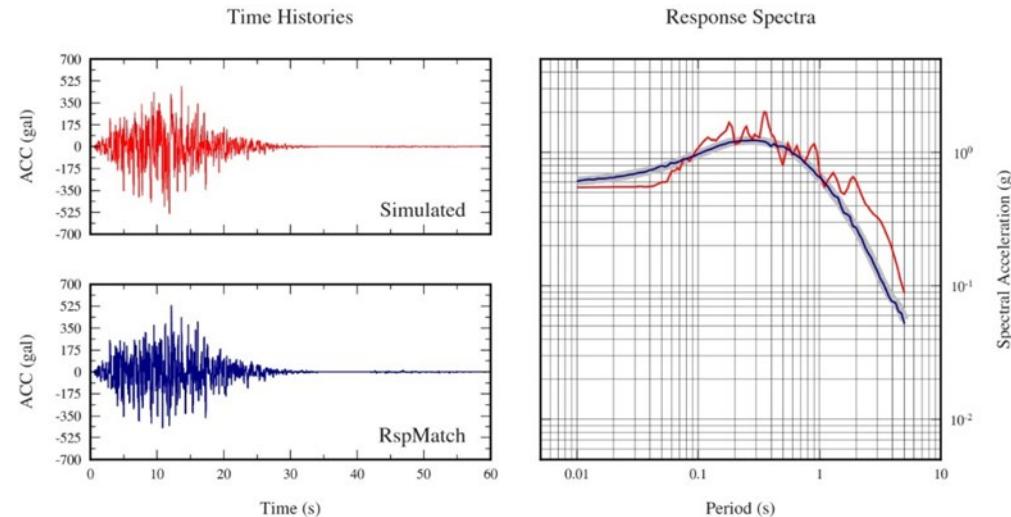


危害度分析成果 – 475年均布危害度反應譜與其調適地震歷時

475年均布危害度反應譜及調適地震歷時，供結構設計參考

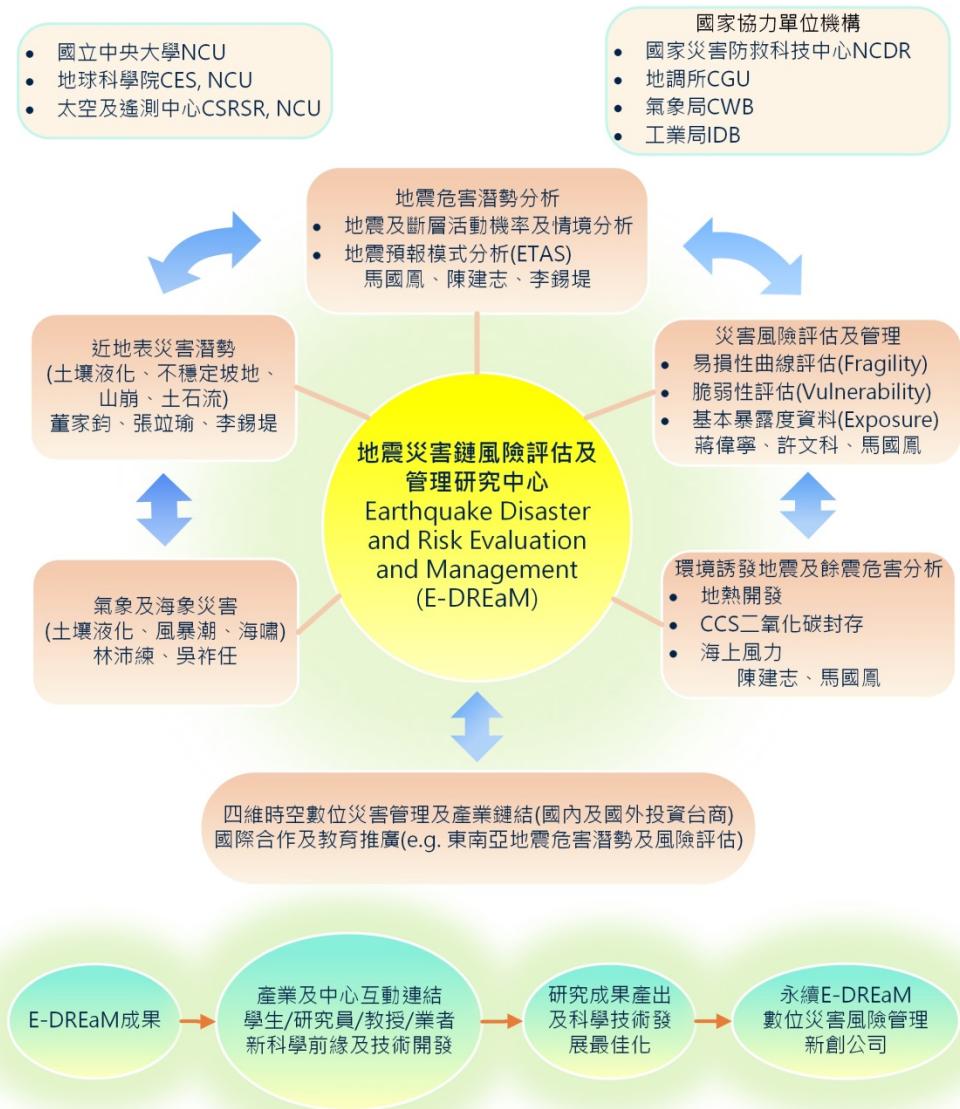


475年均布危害度反應譜
Response Spectrum



ID_01景況模擬調適地震歷時
Case of ID_01







分六大分項及三大目標

- **地震危害潛勢分析**(馬國鳳、陳建志、李錫堤)：地震及斷層活動機率與地震源情境數值模擬、地震預報模式分析。
- **災害風險評估及管理**(蔣偉寧、許文科、馬國鳳)：易損曲線評估、地震災害鏈直接及間接災損分析及管理。
- **環境誘發地震及餘震危害分析**(陳建志、馬國鳳)：綠能科技發展下地熱能源開發、二氧化碳封存(CCS)、海上風力地震風險分析。
- **近地表災害**(董家鈞、李錫堤、張竝瑜)：土壤液化、山崩、土石流分析。
- **氣象及海象災害**(林沛練、吳祚任)：極端氣候、風暴潮、海嘯潛勢分析。
- **國際合作及產業鏈結**(馬國鳳、詹忠翰*、許文科*、鄭錦桐*)：國內及國外投資廠商(e.g. 大陸、東南亞、韓國)災害風險評估、防災產業發展(*業界及國外合作相關專業人士)。

完成三大目標：

- (1) **四維數位時空災害潛勢及風險評估**
- (2) **最新科學前緣技術開發(學生/教授/業者)整合與產業的密切連結**
- (3) **研究成果產出最佳化促進新創發展及中心永續發展**



區域性山崩災害製圖

臺灣山崩
監測系統

套疊正射航照山崩目錄

豪雨誘發之淺層山崩危害度

100-year Rain-induced
Landslide Hazard Map

(shallow landslides)

Actual Landslides

(shallow landslides)



0 25 50
kilometers

E119°55' N25°21'

N25°21' E119°55'

Map Scale:
1/25,000

Map Scale:
1/25,000

Landslide Probability

>25%	20~25%
15~20%	10~15%
5~10%	3~5%
2~3%	1~2%
0.5~1%	0.3~0.5%
0.2~0.3%	0.1~0.2%
0.05~0.1%	0.03~0.05%
0.02~0.03%	0.01~0.02%
<0.01%	Stable Area

Landslide Probability

>25%	20~25%
15~20%	10~15%
5~10%	3~5%
2~3%	1~2%
0.5~1%	0.3~0.5%
0.2~0.3%	0.1~0.2%
0.05~0.1%	0.03~0.05%
0.02~0.03%	0.01~0.02%
<0.01%	Stable Area

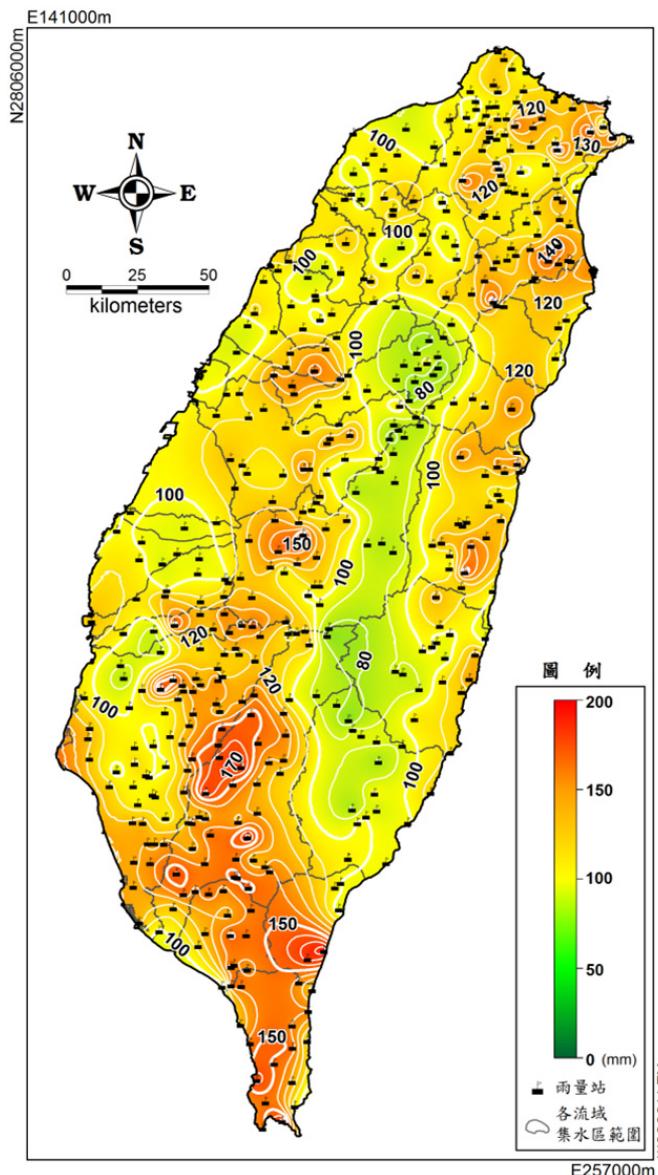
□ Landslides mapped from
air photo, 2004~2009

E122°03'
N21°50'

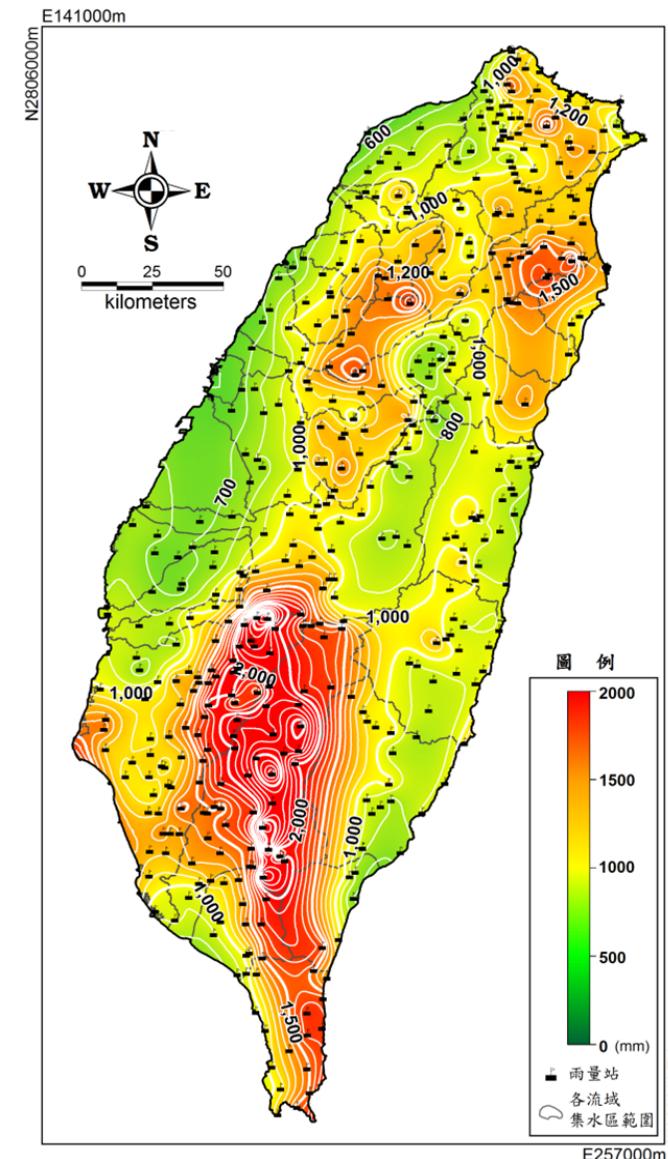




100-year Return Period Rainfall Intensity



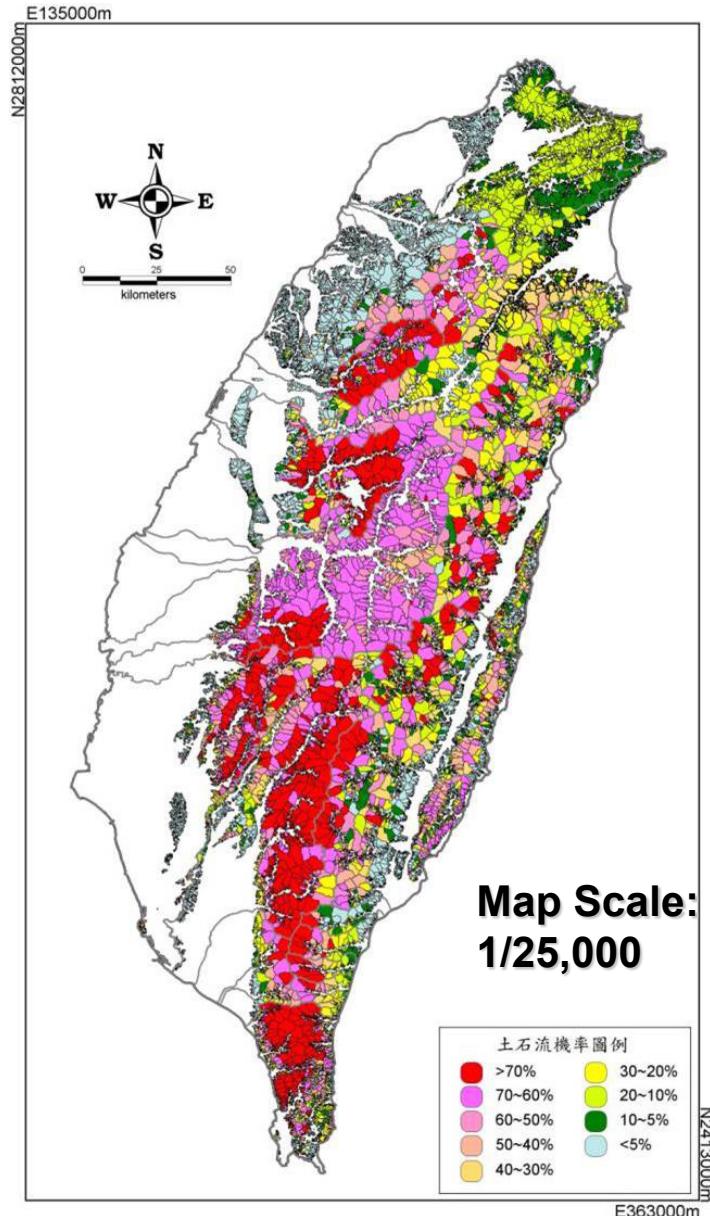
100-year Return Period 3-day Rainfall





100-year Debris-flow Hazard Map

豪雨誘發之土石流危害度



2004 Songhe
Debris flow

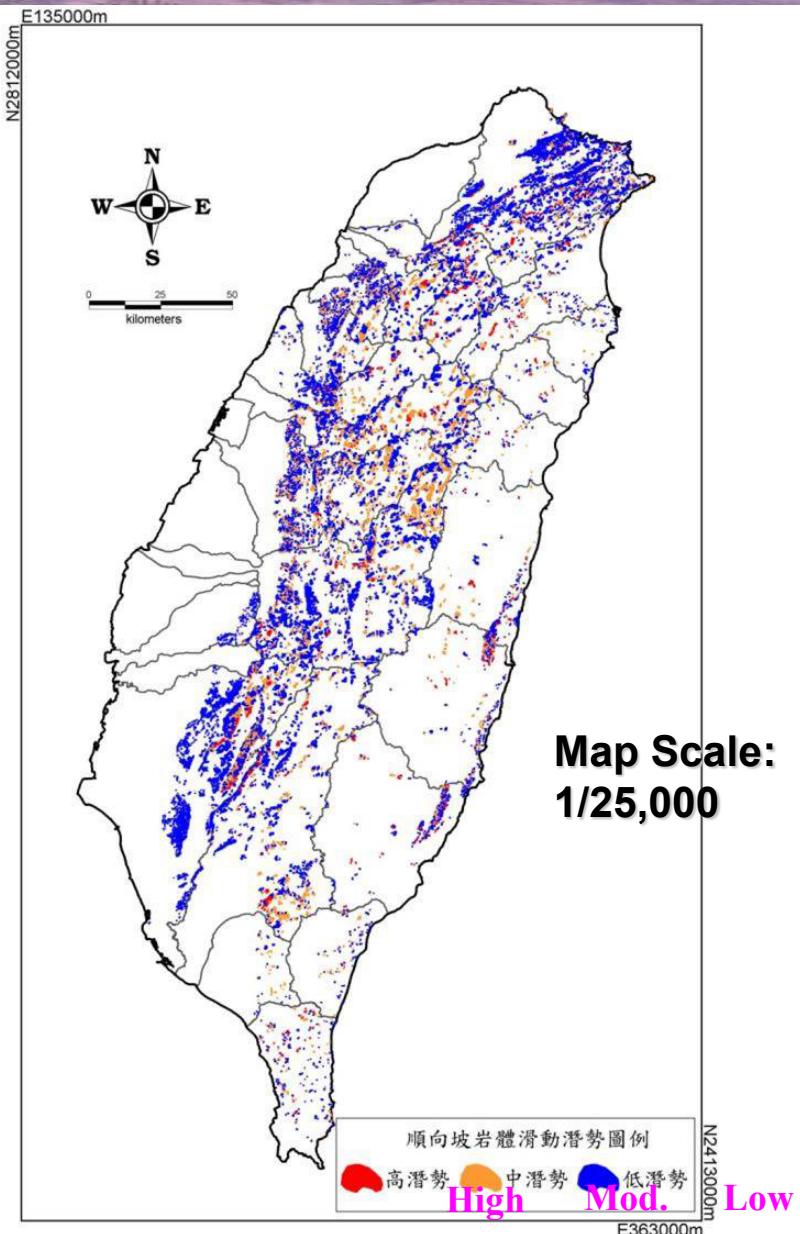
1996 Fengchiu
Debris flow





Dip-slope Landslide Susceptibility Map

順向坡岩體滑動潛勢圖



National Highway No.3
(2010)



National Highway
No.3 (2010)



National Highway
No.1 (1974)

Tsaoling Landslide
(1999)





堰塞湖為例：事件即時分析（遙測衛星影像）



1999年集集地震造成草嶺堰塞湖

歷史紀錄第二次堰塞湖形成於**1941年12月17日**嘉義大地震 (**M=7.1**)，草嶺地區因地震發生大規模岩層滑動堵塞溪流形成堰塞湖，天然壩高約**200公尺**，水庫容量一億二千萬立方公尺，至**1951年**因連續豪雨，因溢流致壩體潰決，造成一個工兵連弟兄喪命



1999年集集地震造成九份二山堰塞湖

集水區面積相對較小，但當時也是眾所矚目



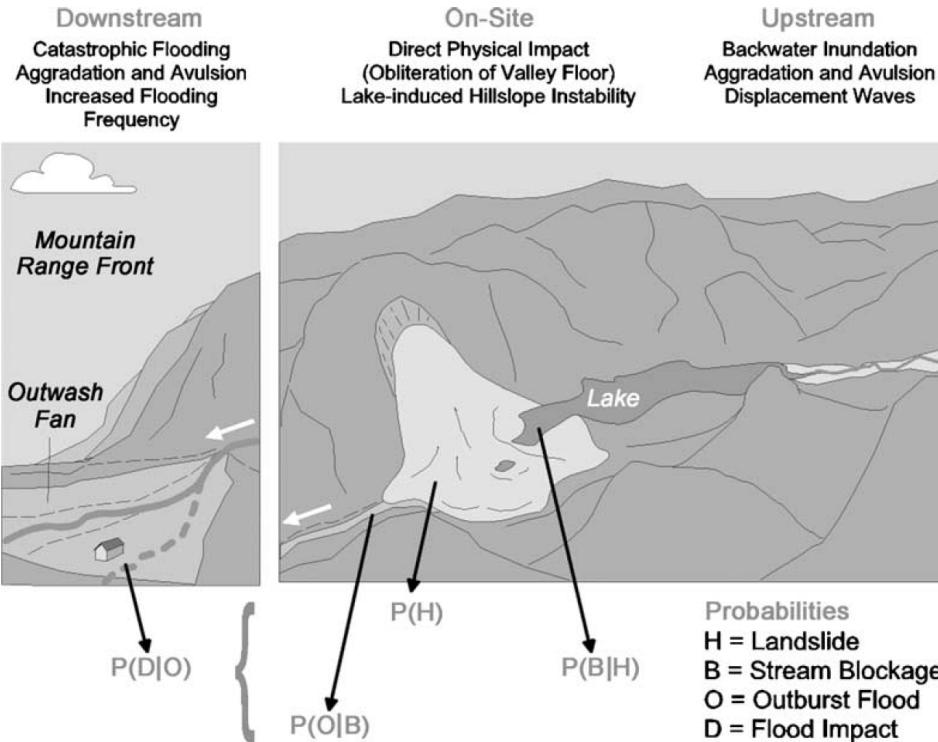
2008年莫拉克颱風造成 小林村堰塞湖

短時間即發生潰決





國際事件即時分析



香港文匯報

**Oliver Korup, 2005.
Geomorphology 66, 167–188**



堰塞湖災害與 防減災工作推動關心課題

(會不會潰決? 何時潰決? 濟決對下游有多大衝擊? 哪些人要撤離? 上游淹沒區有多廣? 哪些人要撤離?...)

Breaching Tangjiashan landslide dam;
Xu et al. (2009) Bull Eng Geol Environ 68:373–386





地震災害資訊發展步驟



地震災害景況分析

數值震波模擬評估
機率式危害度評估



地震災損分析

全國性參考
地方性參考
客製化圖資

2-3年

1-2年

2年

地震災害鏈直接與間接災害分析

技術研究與發展

四維時空近地表資料庫

學研理論

基礎調查

資料整備

客製化使用端為基準

套件式整合分析界面

一般評估使用
客製化評估使用



專利及產業

套件衍生加值鼓勵申請專利
專業分析認證機制
多元產業宣導及教育

操作界面開發

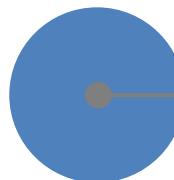
資訊軟硬體

應用模式

產業加值應用

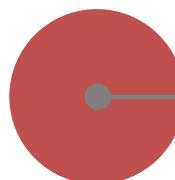


地震災害鏈前瞻及永續發展對策



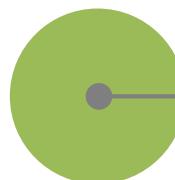
防災產業

災損機率資訊提供保戶、保險公司、再保險公司及保險經紀有災害識別及協調空間的談判空間



企安產業

企業風險管理能有效評斷、控管、及策略擬定，需要由災損推估數據作為依據，始能做出最佳化決定



資訊產業

評估技術發展過程，需搭配資訊技術，資訊軟硬體需求性存在，可帶動資訊產業多元應用面向

NOTE:

針對國內企業(包含科學園區)危害風險調查：雖然颱風洪水為台灣最頻繁的災害但，企業最大災害風險為地震直接及間接損失，且非常需要國內相關研究可提供具體的策略

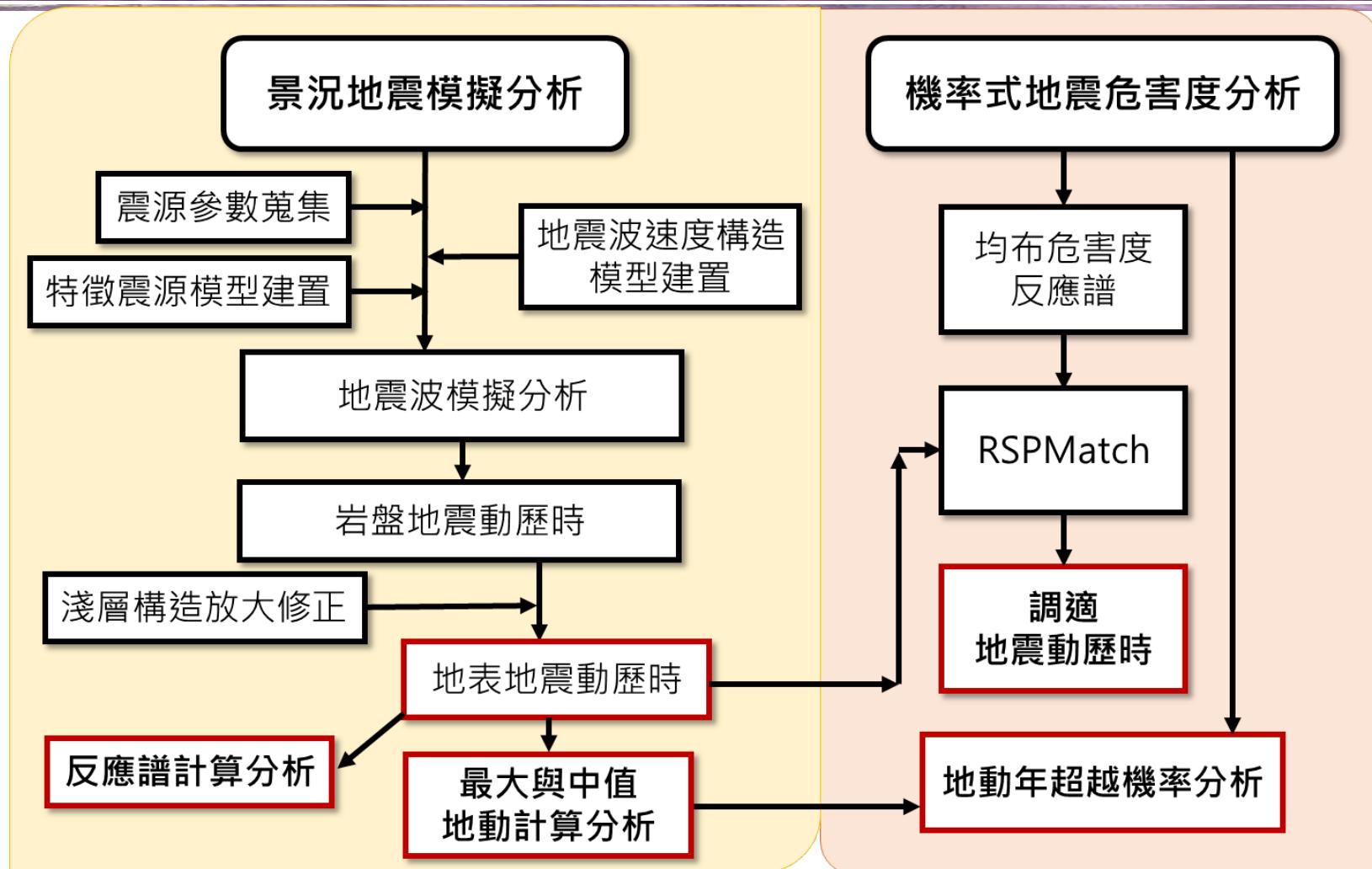
國內外產業合作單位: SinoTech (Taiwan) 、ICRM (Singapore) 、EOS (Singapore)

Startup: Temblor, Inc. (USA) 、 Evertiphi (Taiwan)





例如：客製化地震直接及間接危害風險評估 (綠能開發 離岸風力 碳封存)





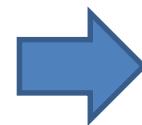
Simulations (Chungchao, Shanchiao, ETAS Model, Fragility curved)

Simulations (Chungchao, Shanchiao,
ETAS Model, Fragility curved)

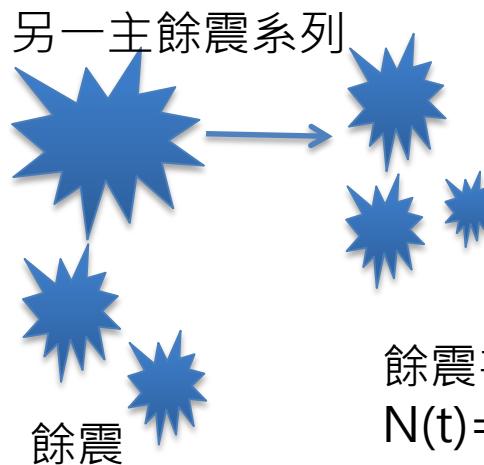
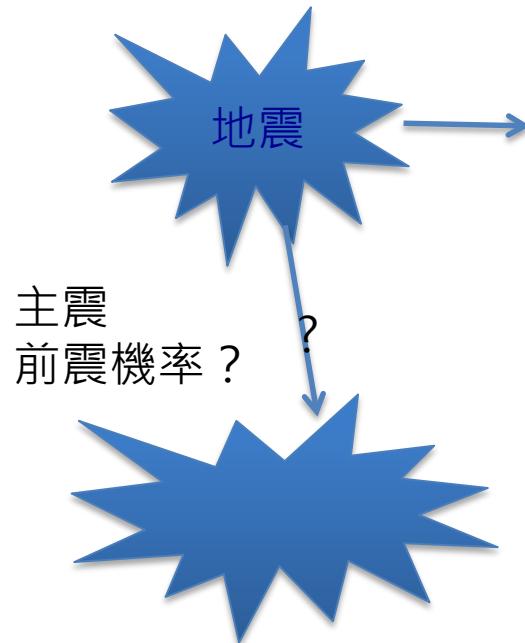


使用端介面即時訊息提供產業主管單位風險判斷依據： 以地震活動為例 (可擴展為多元介面)

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



使用端介面即時訊息
提供



餘震次數 隨時間遞減
 $N(t)=k/(c+t)^p$ $p=0.75-1.5$

$\log N = a - bM$; $b \sim 1$
地震的次數與規模的關係
小地震 多
大地震 少





Temblor Taiwan

- 更精簡數位易懂方式的表現
- 圖像清楚地呈現
- 知識資訊的訓數傳達
- 產業災害及風險溝通傳達的平台
- 舉辦相關成果 公開發表會及研討會 座談會





結論摘要 – 地震災害鏈科學發展前緣及政府與產業交流平台

地震災害鏈風險評估及管理研究中心

Science – Engineering – Industry

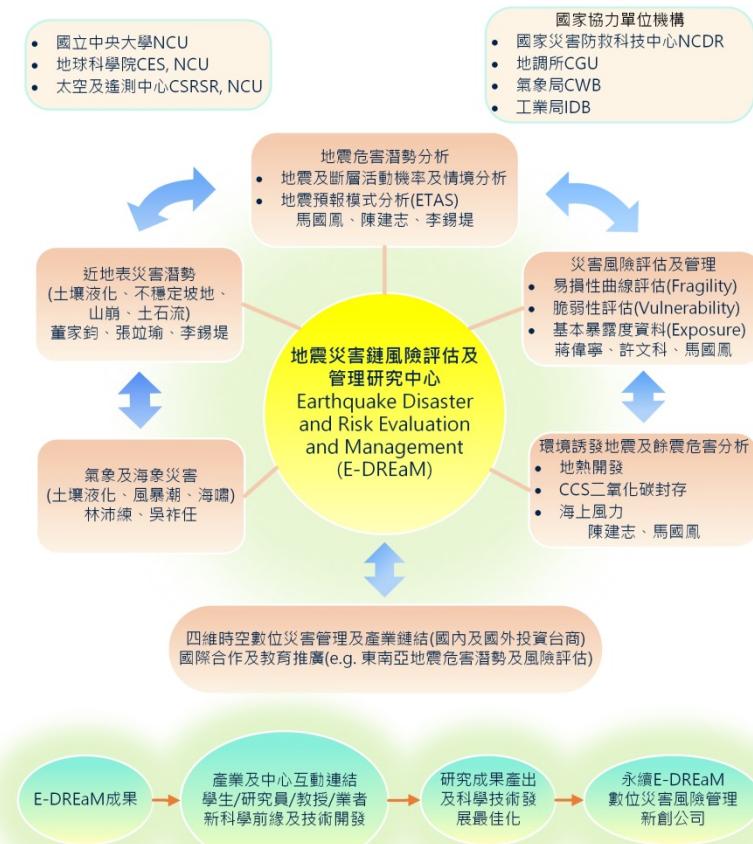
(social-economic impact)

❖ 整合相關技術與地質調查研究資料，建立地震災害鏈直接及間接危害度分析與相關參數並整合地球科學與地工技術等相關領域，以防救災需求產製更細緻之地震災害鏈直接及間接危害風險分析及管理

⇒ 由定性至定量的危害分析 提供重要產業及建設的地震災害鏈直接及間接危害及風險分析
工業 4.0 防災 4.0

New Era on Disaster Reduction

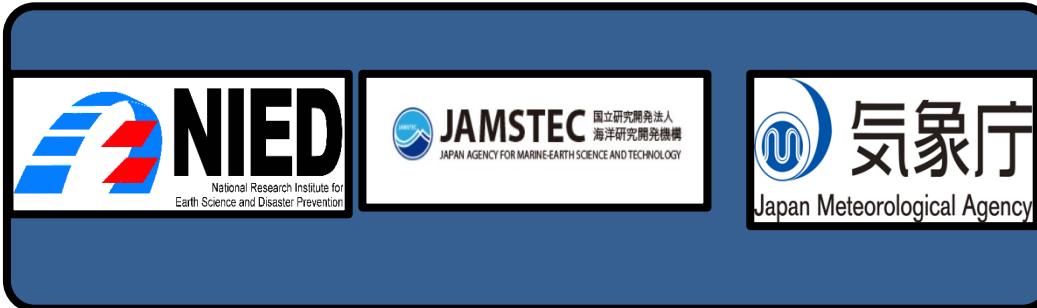
⇒ 減少地震造成的社經衝擊
數位防災 (由數據 => 對策)





E-DREaM Center 與日本防災相關國家及 大學研究單位架構之比較

National Agencies



Taiwan

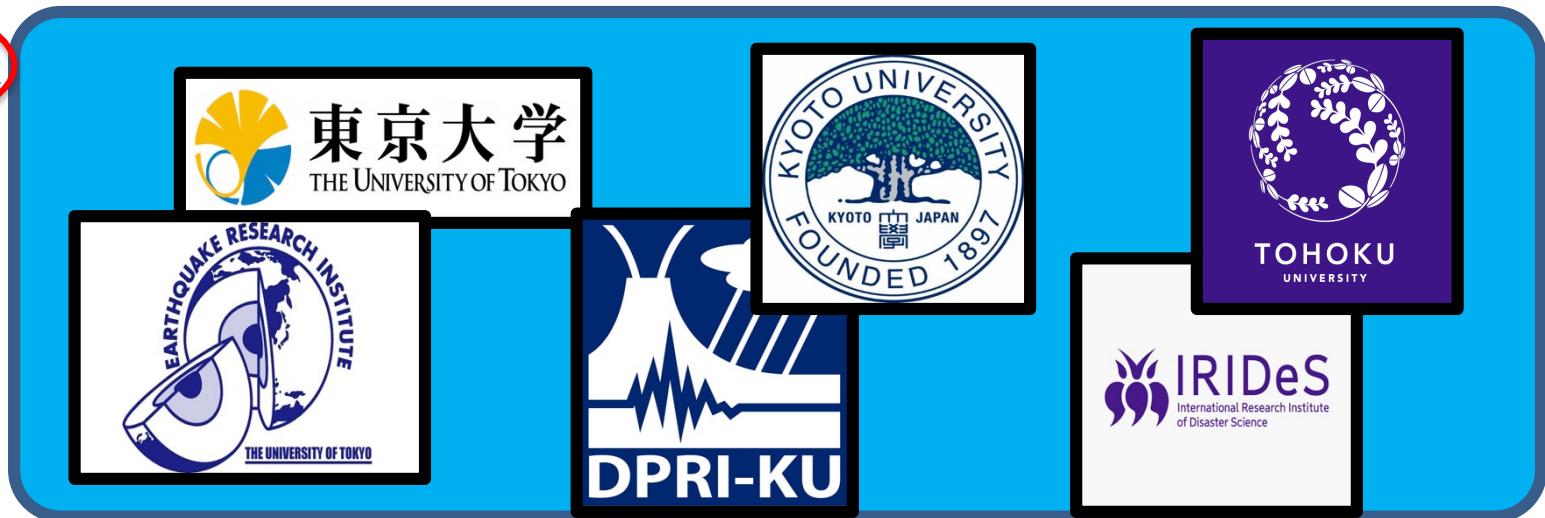
NCDR/NCREE
TORI
CWB

NIED: National Research Institute of Earth
Science and Disaster Prevention
(NCDR + NCREE+ **Earthquake Sciences**)



E-DREaM

National
Level
University
Research
Centers



東京大學 since 1923

京都大學 since 1897

東北大學 since 2013

University based center: Hiroshima Univ., Tsukuba University, etc...





團隊研究主題相關之研究績效

- **地震危害潛勢風險評估**，馬國鳳老師團隊104年發表台灣第一個官方版台灣地震危害潛勢圖，TAO台灣及SRL台灣、日本、紐西蘭地震危害分析專刊。
101-103年為世界地震模型董事(Governing Board Member)
蔣偉寧老師團隊為國內災害保險模式的開發團隊
- **地震誘發山崩**，中央大學於Engineering Geology出版高引用率的地震誘發山崩專刊。
李錫堤老師104年發表台灣第一版全國山崩、土石流災害圖，為世界矚目的山崩、土石流危害度評估技術。
董家鈞教授發展低速-高速旋剪儀設備，獲得大規模崩塌滑動面摩擦率，為預測滑動堆積特性之先驅者。
- **台灣海域海嘯潛勢評估**，吳祚任老師與馬國鳳老師101年協助科技部完成台灣海域海嘯潛勢評估。
- **極端天氣預報**，林沛練老師為臺美MOST與NSF共同評選第一個PIRE計畫主持人
「天氣氣候模式之改進與緊急應變策略之擬定以提升極端天氣災害防救之能力」
- **三維視覺化近地表構造**，陳建志與張竝瑜老師開發高精密度透地雷達與地電阻等技術

團隊近年學術研究表現：

曾獲科技部**傑出獎**(李錫堤、陳建志、馬國鳳)、教育部**學術獎**(馬國鳳)、教育部**國家講座**(馬國鳳)。

團隊老師國內產官學及國際多方邀請演講及主持會議



延攬人才培育新秀 策略(1)

❖ 延攬具備國際經驗及跨域合作能力之年輕優秀人才



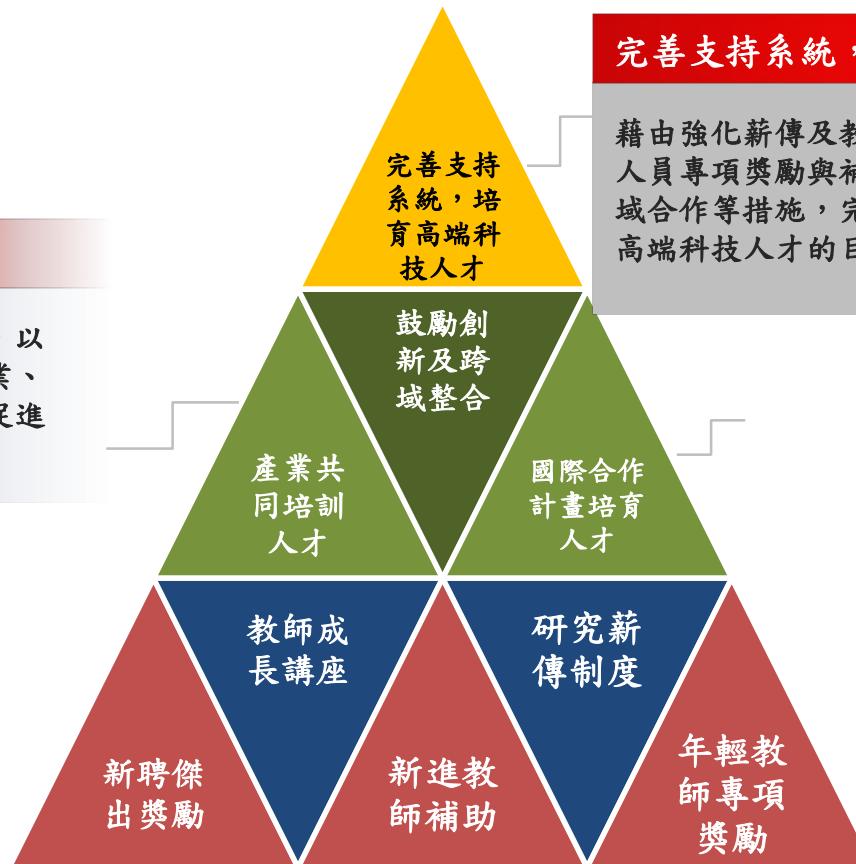


延攬人才培育新秀 策略(2)

❖ 培育具創新及跨域研究能力的高端科技人才

鼓勵創新及跨域合作

透過獎勵、升等及評鑑等措施，以及鼓勵新進或年輕教師參與跨業、跨領域與跨國合作研究計畫，促進創新與跨領域研究。



強化薪傳&教師成長講座

強化薪傳制度，由優勢領域資深傑出教師帶領年輕教師，參與研究計畫、共同發表論文及國際大型研究中心計畫，以培植年輕學者。

完善支持系統，培育高端科技人才

藉由強化薪傳及教師成長講座、年輕教研人員專項獎勵與補助，以及鼓勵創新及跨域合作等措施，完善支持系統，達到培育高端科技人才的目標。

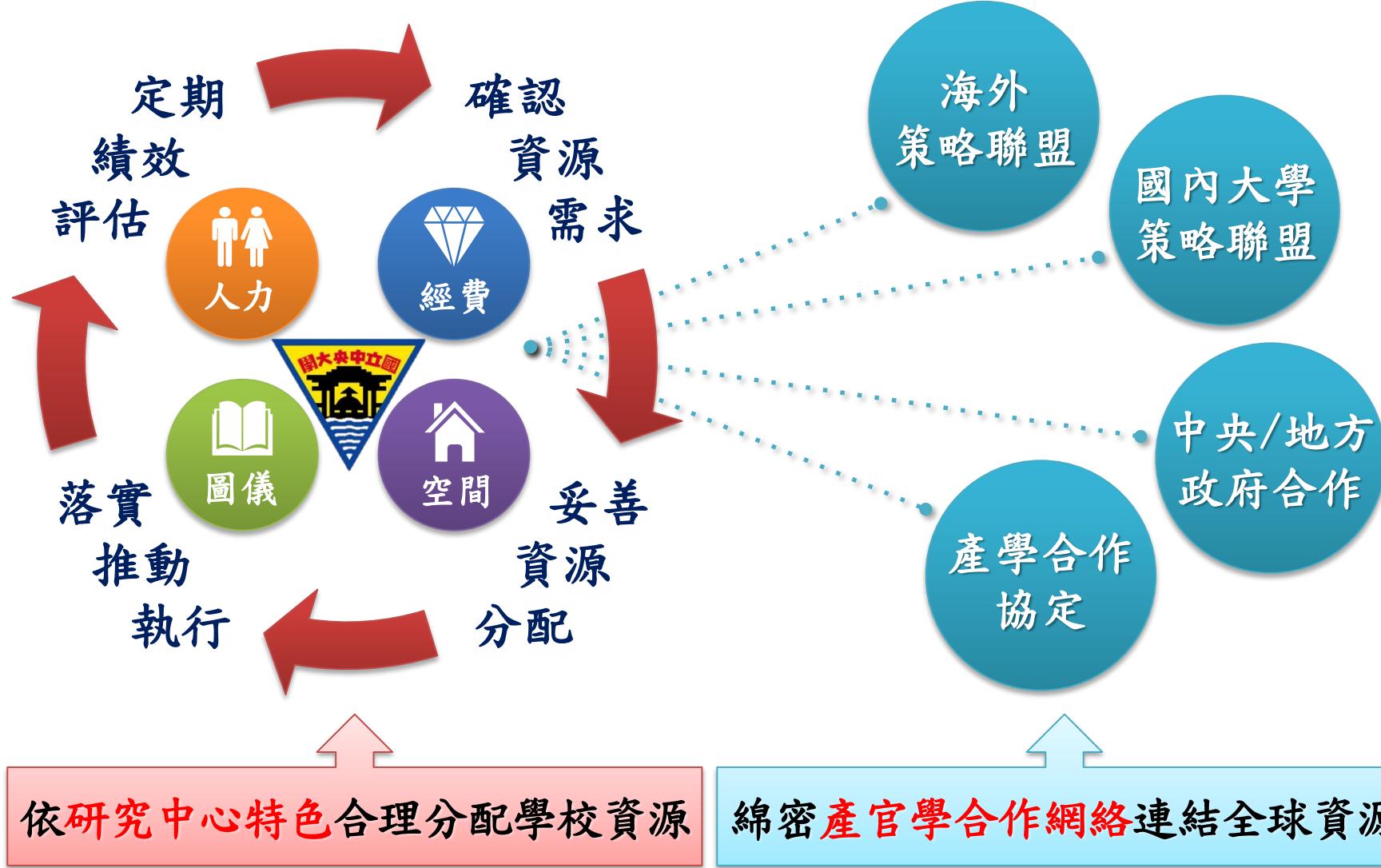
年輕教研人員專項獎勵及補助

針對年輕教研人員提出專項獎勵，包括新進或年輕傑出教研人員教學研究費補助、羅家倫校長年輕傑出獎及新聘傑出(卓越)獎勵等。





學校總體資源分配與外部資源連結





委員審查回覆

一、本計畫擬以地震災害鏈風險評估及管理中心為一彙整平台，以地球系統災害科學為思維，針對地震災害鏈的直接及間接災害，進行四維時空災害風險評估，研發風險評估及管理對策。內容包含：(1)地震危害潛勢分析，(2)災害風險評估及管理，(3)環境誘發地震與餘震危害分析，(4)近地表災害，(5)氣象及海象災害，(6)國際合作與產業聯結。規劃特色清楚，主持人之專業性與研究能量俱佳。

回覆：感謝委員肯定及支持，團隊將針對規畫方向，逐步到位，全力以赴。

二、本中心將著重科學發展前緣以及扮演政府與產業間的交流窗口平台。規畫之思維、架構與目標符合社會目前需求。推展開發下游產業需求的產品，則有待後續的長期努力。過去的研究成果，無論在量與質方面，也都還有進步的空間。

回覆：感謝肯定及支持，推展開發下游產業需求的產品，確實是待後續的長期努力，也是此計畫進行的重要目標。本規劃中心的團隊，過去的研究成果，在量與質方面，應該已是國內頂尖的研究團隊。如台灣地震危害潛勢、山崩危害潛勢、地工技術等，皆為國內及世界領先的研究成果。我們會在此基礎上，扮演政府與產業間的交流窗口平台，同時發展核心及前緣的技術，逐步到位，使成果的質與量有更亮眼的表現。



委員審查回覆

三、由本計畫與國內外相關標竿研究中心進行的SWOT分析中，可發現下列的劣勢及威脅：規模較小、經費來源少、研究成員面臨退休、國內其他研究中心規模大且資源多、與國際標竿研究中心有距離等。此外，對於中心之永續經營未見具體規劃。

回覆：在規模較小、經費來源少、研究成員面臨退休等問題上，皆是本中心尚未為實體中心，成員及計畫經費有限所致。國內其他研究中心規模大且資源多，乃因其多為執行政府委辦計畫居多，而本中心的規劃如前所述，將與國內其他研究中心以政府委辦計畫為主不同，我們將致力於如第二項所言的著重科學發展前緣以及扮演政府與產業間的交流窗口平台。因此，在推動及執行之初，非常需要此深耕計畫種子基金的支持，以逐步擴大邀請國內外年輕傑出及有潛力的年輕研究人員加入中心團隊，活化團隊。同時與產業合作，以培育新興人才，將成果與產業需求作結合，形成以使用端為基礎，具有商業模式的空間及時間的四維地震災害鏈相關危害風險分析及管理的整合機制。至於與國際標竿研究中心的距離，希望藉此巨量資料研究前緣的防災數位成果研發及數位應用技術的發展之下，儘快拉近未來本中心與國際已建立數十年的標竿中心之間的距離。



委員審查回覆

四、本計畫中心為擬新成立之中心，依計畫書所述並未有專屬研究中心空間之規劃，而是各相關單位空間之彈性應用，另設備及人員亦由各相關單位協調調度。

回覆:感謝委員理解。目前相關人員及設備，散置各研究人員的實驗室。假若此中心承蒙推薦成立，學校已允諾在空間及人員設備上，將儘力支援，除了提供一位專任教師名額外，也將會在新建的教研大樓提供足夠的空間給研究中心使用。也希望藉由本中心的成立，實質發揮中央大學地球科學與台灣社會及產業的具體鏈結，並與國際結合，提高台灣地震災害鏈的前緣研究成果及應用發展的能見度。

五、本計畫在延攬優秀與年輕人才以及培育高階研發人才方面之策略係以多重管道爭取校內外資源為主，過去的績效良好。

回覆:感謝委員理解肯定及支持。過去因為學校員員額有限，因此相關合作以外產業機構及在國外發展的人才為主。學校承諾，未來在延攬優秀與年輕人才以及培育高階研發人才方面之策略將繼續推廣。



委員審查回覆

六、本計畫可能與既有的政府主管機構如NCDR的業務和領域重疊但效能不如（計畫書中也提及這點），未與NCDR合作，較為可惜。即便就學術研究而論，本計畫中心也多少和科技部的地震科學研究中心TEC有重疊。因此，對中心之永續經營宜有更具體前瞻之規劃。

回覆: 本規劃中心團隊與NCDR多年以來一直有具體的合作。如計劃書中所言NCDR為國家防災技術應用的執行者，以國家政府的防災思維為重要發展方向，為非常重要的機構，相當於日本的NIED。本規劃的中心，將扮演NCDR在地震災害鏈相關防災工作的上游角色，以扮演科學發展前緣以及政府與產業間的交流窗口平台，以日本的相關防災研究機構上如京都大學DPRI及標竿中心東北大學IRIDeS。科技部的地震科學研究中心TEC，其實僅是科技部業務性支持的計劃，年度經費約三百萬，以三位專任助理，協助台灣地震觀測網及儀器規劃的整理，以及國內相關地震研究學者成果的協調整合為主，並無實質研究人力。本中心將會是以任務導向及應用為主的規劃，結合及發展任務導向工作的研究前緣技術開發以扮演政府與產業間的交流窗口平台。但在此同時，絕對與NCDR及TEC合作並進。並與國內外業界合作，扮演政府與產業間的實質交流窗口平台，發展以使用者為核心的前緣技術，產出具體有前瞻性的商業模式使其得以永續經營。



地震災害鏈風險評估及管理研究中心

Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management, E-DREaM)

謝謝！



地震災害鏈風險評估及管理研究中心

Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management, E-DREaM)

附錄