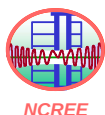
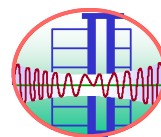


1219花蓮地震與地震動特性

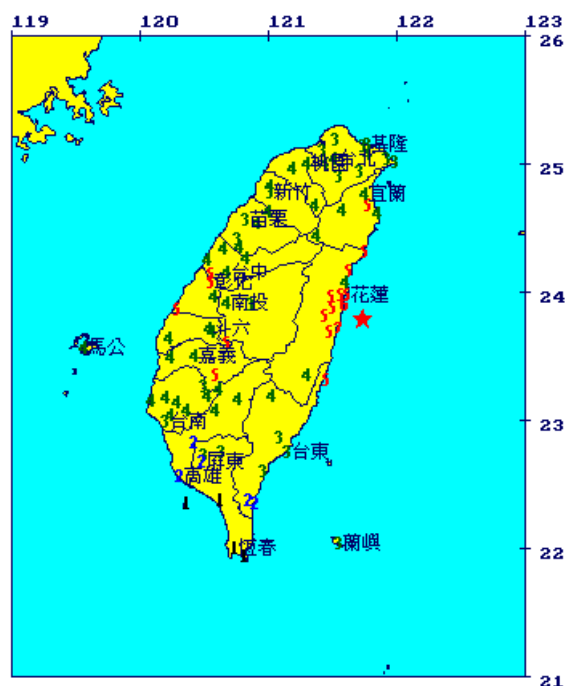
張道明、林哲民、張毓文、簡文郁

國家地震工程研究中心
National Center for Research on Earthquake Engineering
200, Sec. 3, Hsinhai Road, Taipei, Taiwan, R. O. C.



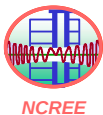
2009.12.19 花蓮地震

- 台灣時間2009年12月19日21時02分15.2秒（世界時間13時02分15.2秒）於台灣花蓮市東南外海發生一起芮氏規模 M_L 6.8之地震
- 震央位置在北緯23.78度、東經121.75度（位於花蓮市東南外海），震源深度為45.9公里。
- USGS公佈之地震矩規模 M_W =6.4
- 中研院BATS寬頻地震網所訂之地震矩規模 M_W =6.26
- 氣象局地震矩規模 M_W =6.42



(中央氣象局)

圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度



等震度圖與PGA分佈圖-1

(中央氣象局)

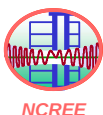
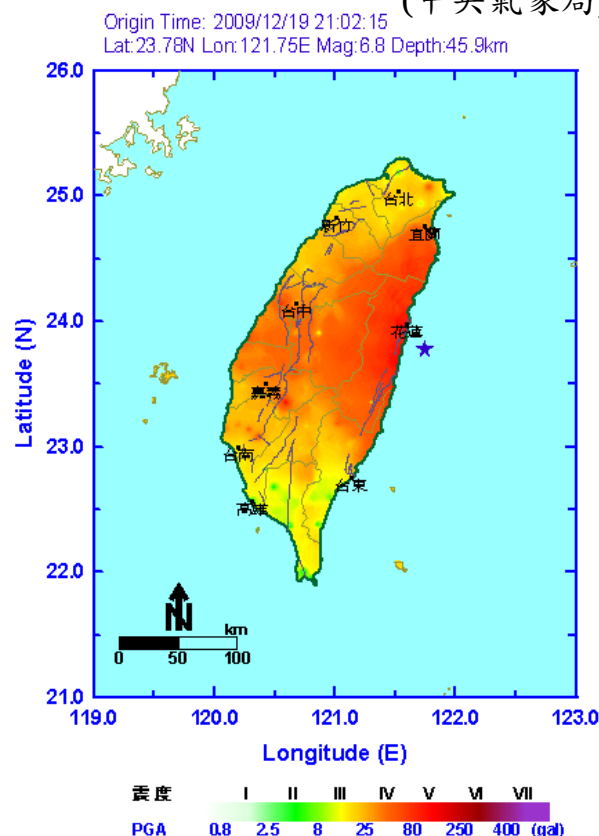
■ 花蓮地區最大震度 7 級

- 花蓮磯崎 7 級
- 鹽寮 5 級
- 花蓮市 5 級
- 吉安 5 級

■ 宜蘭、台東、台中、彰化、雲林、嘉義等地區最大震度 5 級

■ 台北、桃園、新竹、苗栗、南投、台南、高雄、澎湖等地區最大震度 4 級

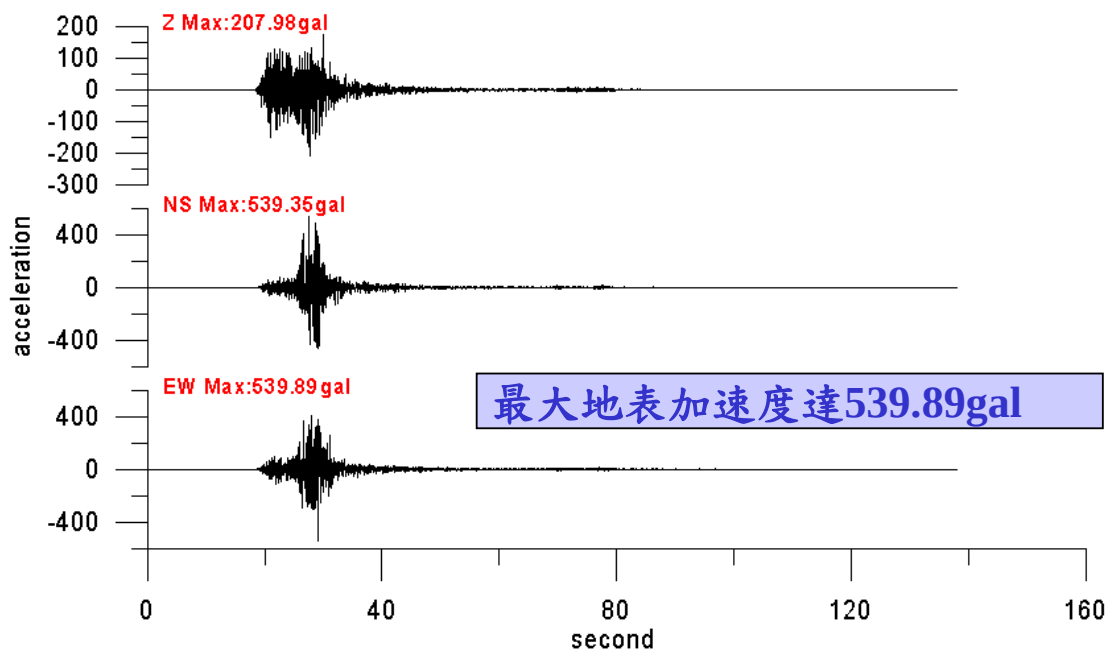
■ 基隆、屏東等地區最大震度 3 級

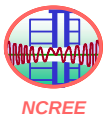


花蓮磯崎地震站即時波形

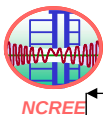
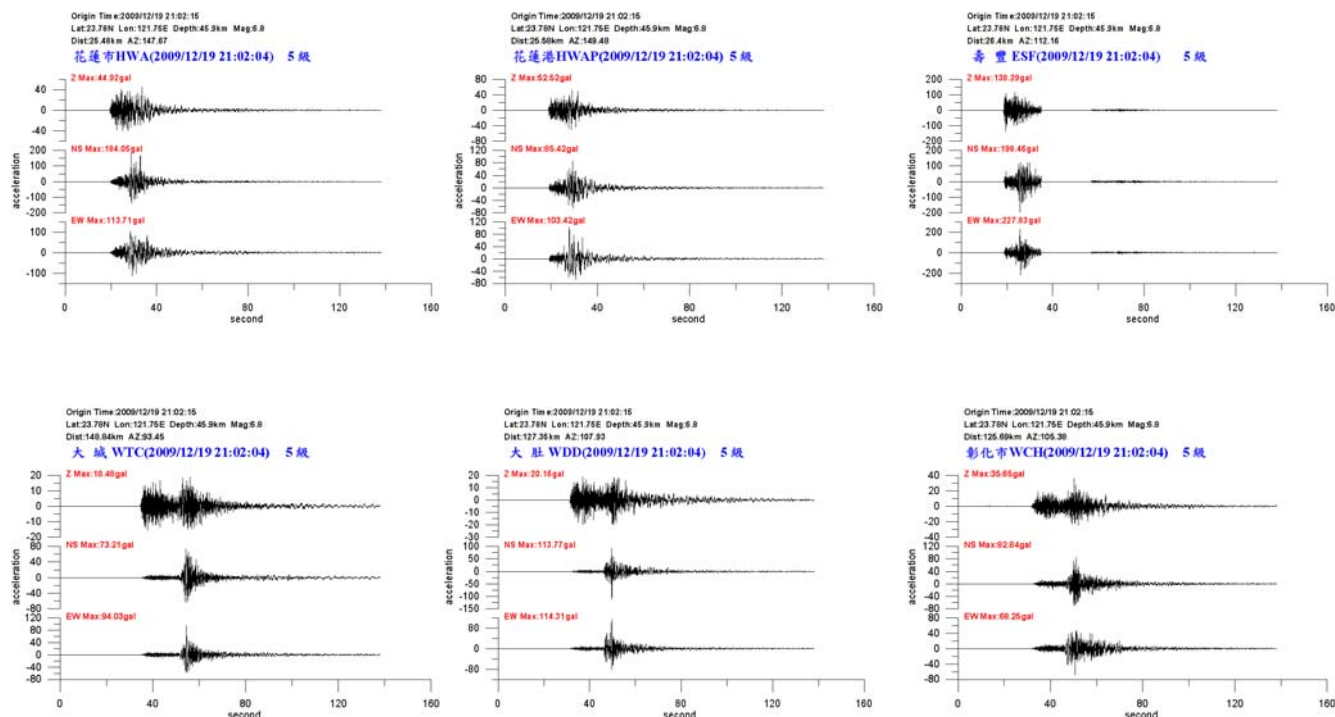
Origin Time: 2009/12/19 21:02:15
Lat: 23.78N Lon: 121.75E Depth: 45.9km Mag: 6.8
Dist: 21.91km AZ: 68.39

磯崎 EGC(2009/12/19 21:02:04) 7 級





NCRE

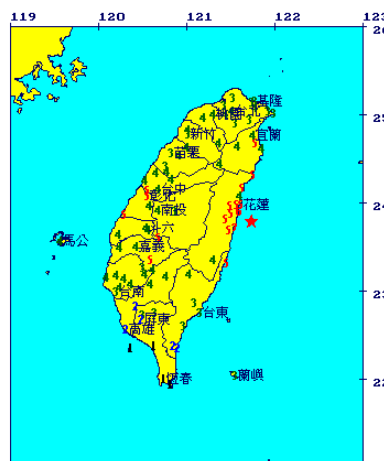


NCRE

Earthquake Information System

TREIRS networks : (> 70 sites)
Taiwan Rapid Earthquake Information Release System

TSMIP networks: (> 700 sites)
Taiwan Strong Motion Instrumentation Program



圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

中央氣象局地震報告

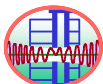
編號：第98144號
日期：98年12月19日
時間：21時2分15.2秒
位置：北緯23.78度，東經121.75度
即在花蓮市地震站東南方25.5公里
地震深度：45.9公里
芮氏規模：6.8

各地最大震度			
花蓮縣崎	7級	新竹市北	4級
花蓮市	5級	台北板橋	4級
台東長濱	5級	台南楠西	4級
宜蘭羅東	5級	台北市	4級
雲林草寮	5級	斗六市	4級
彰化市	5級	桃園市	4級
嘉義草山	5級	澎湖馬公	4級
台中大肚	5級	南投魚池	3級
彰化大城	5級	台東市	3級
桃園三光	4級	新竹市	3級
宜蘭市	4級	基隆市	3級
南投市	4級	屏東三地門	3級
台中市	4級	台南市	3級
苗栗鯉魚潭	4級	苗栗市	3級
高雄桃源	4級	屏東市	2級
嘉義市	4級	高雄市	2級

本報告係中央氣象局地震資料中心提供之資料

研究中心
thquake Engineering





NCREE

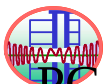
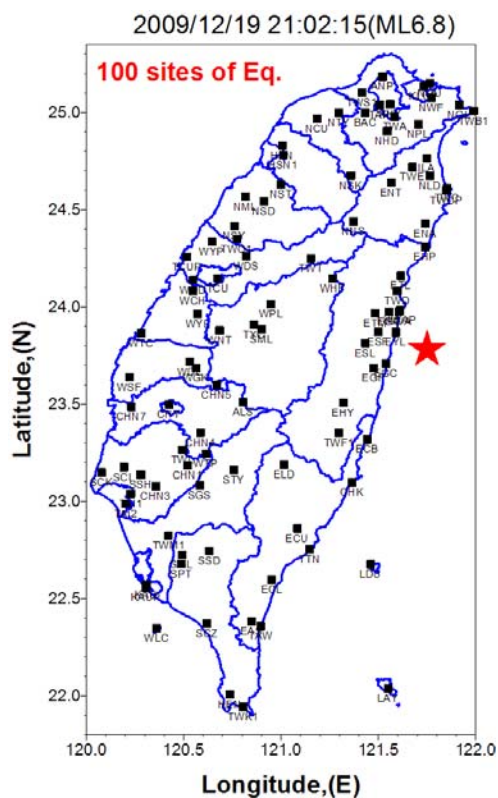
氣象局即時網地震動分佈

Origin Time: 2009/12/19 21:02:15

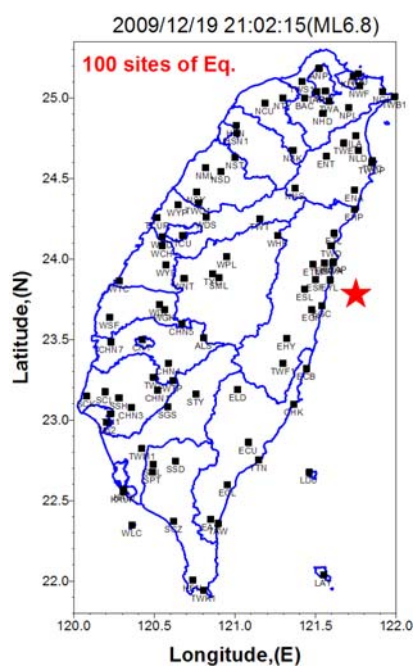
Lon: 121.75° E / Lat: 23.78° N

Depth: 45.9 km; Mag: 6.8

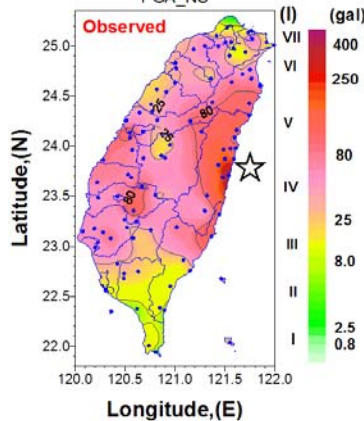
Stations: 100 site
 $PGA_{Max} = 539.89 \text{ gal}$
 (磯崎測站 EGC, PGA_{EW})



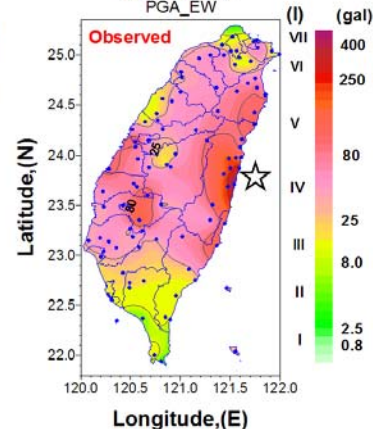
PGA值分佈 (最大地表加速度值)



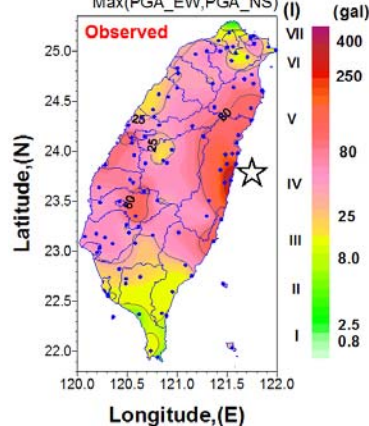
2009/12/19 21:02:15 (ML6.8)
 Data: 100 sites
 PGA_{NS}



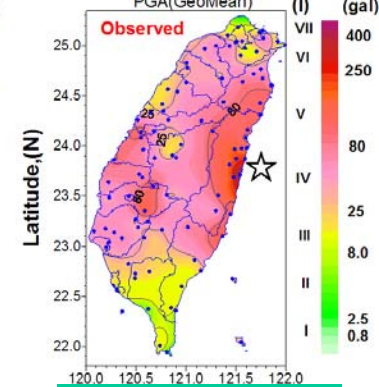
2009/12/19 21:02:15 (ML6.8)
 Data: 100 sites
 PGA_{EW}



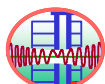
2009/12/19 21:02:15 (ML6.8)
 Data: 100 sites
 $Max(PGA_{EW}, PGA_{NS})$



2009/12/19 21:02:15 (ML6.8)
 Data: 100 sites
 $PGA_{GeoMean}$



$$GeoMean = \sqrt{PGA_{EW} \times PGA_{NS}}$$

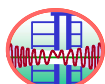
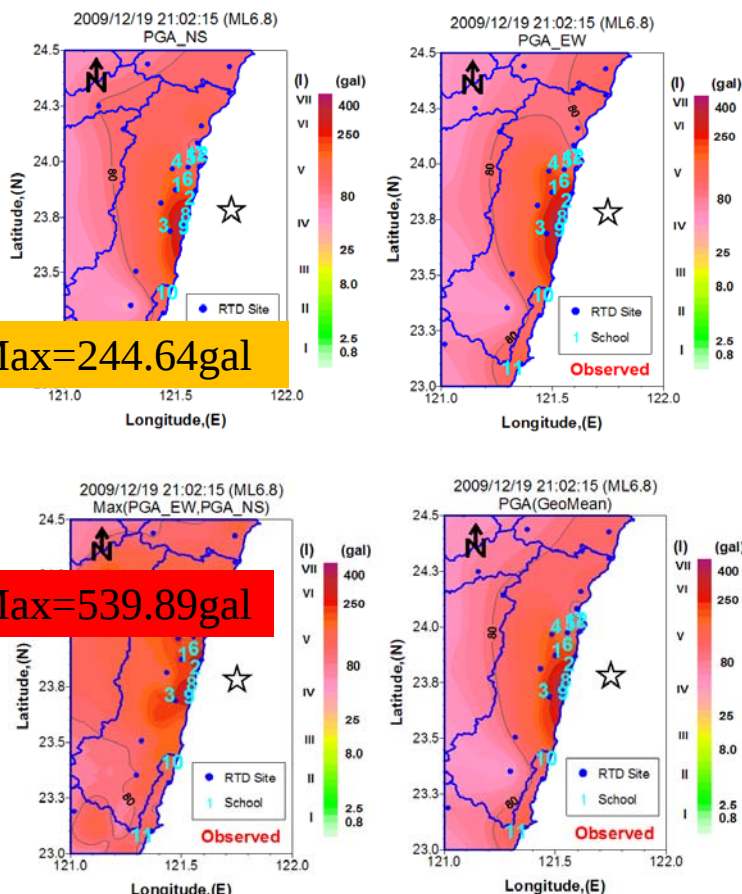


實際PGA值分佈與勘災校舍位置套疊

編號	鄉(鎮市)	村(里)	Xt	Yt
1	壽豐鄉	豐裡國小	121.5077	23.84213
2	壽豐鄉	水璉國小	121.564	23.78272
3	光復鄉	太巴塢國小 EGF(HWA033)	121.448	23.66045
4	秀林鄉	銅蘭國小	121.507	23.94957
5	吉安鄉	稻香國小 HWA016	121.5687	23.96299
6	壽豐鄉	月眉國小 HWA051	121.5559	23.86861
7	花蓮市	明禮國小	121.6111	23.9803
8	豐濱鄉	磯崎國小 EGC	121.5472	23.7075
9	豐濱鄉	新社國小 HWA044	121.5356	23.65176
10	長濱鄉	三間國小 TTN031	121.4599	23.35724
11	台東縣 成功鎮	信義國小 TTN043	121.3228	23.02844
12	花蓮市	國風國中	121.5953	23.97844

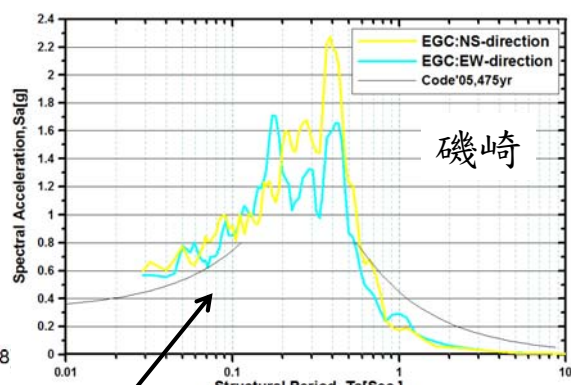
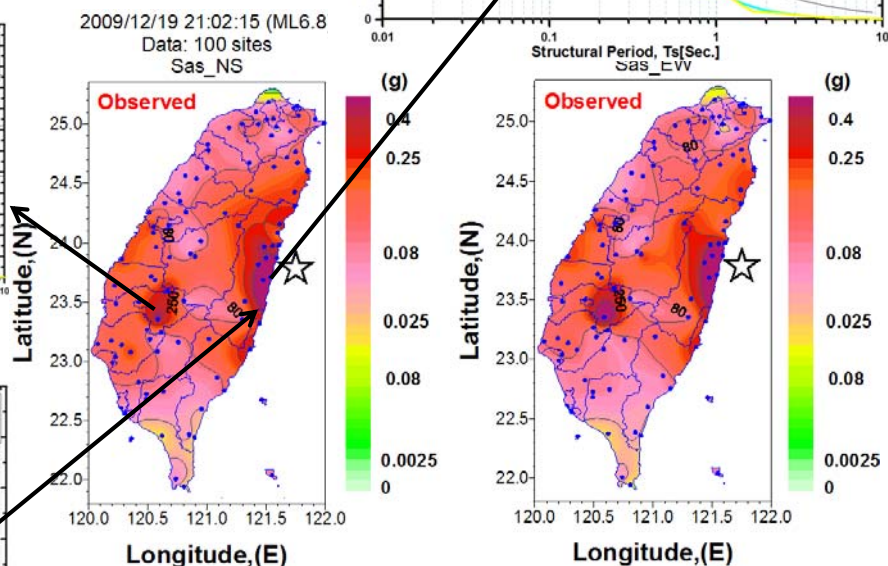
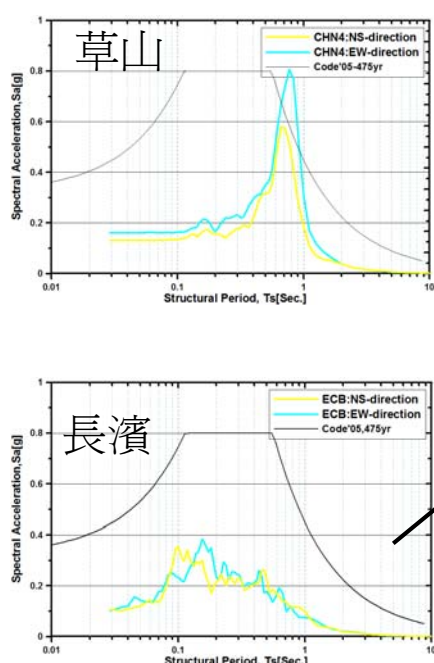
Max=244.64gal

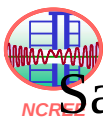
Max=539.89gal



Sas值(短週期(0.3秒)譜加速度值)分佈

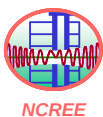
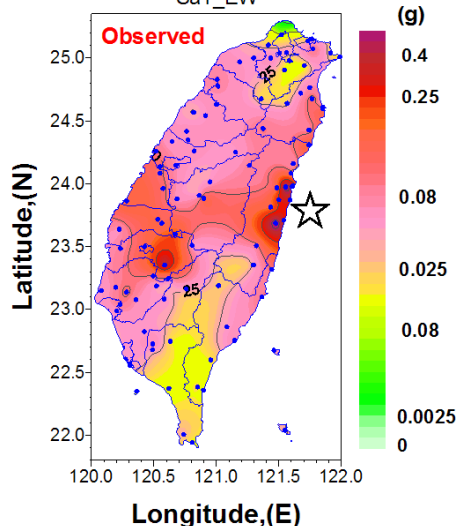
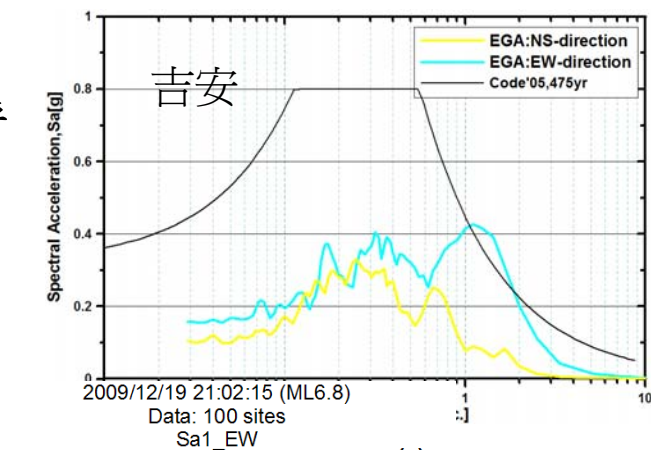
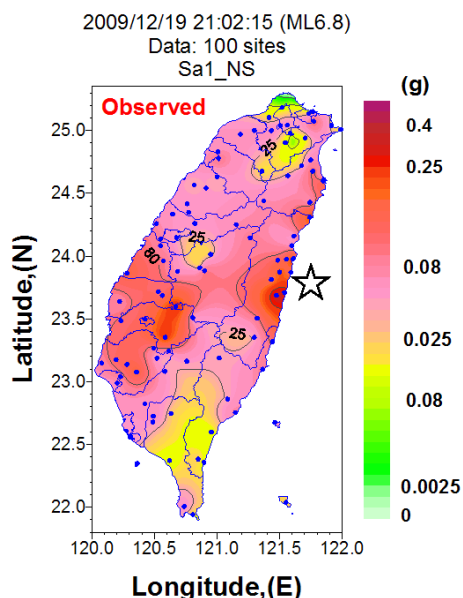
Obs_{Max} = 1.595 g (磯崎EGC)





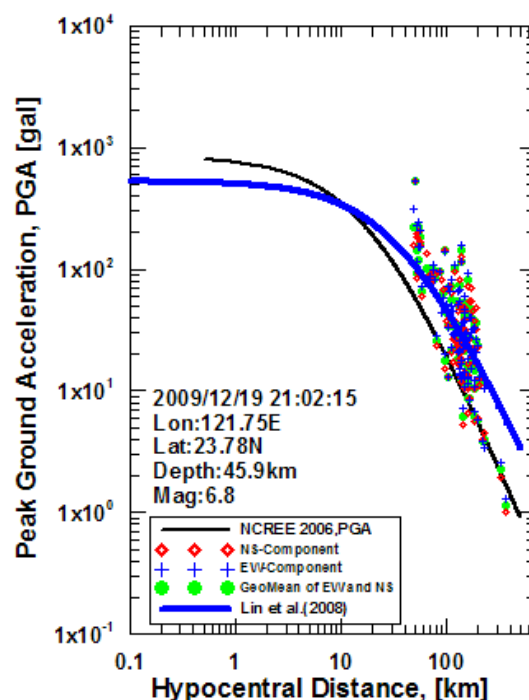
Sa1值(長週期(1.0秒)譜 加速度值)分佈

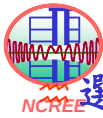
Obs_{Max} = 0.505 g (吉安EGA)



強地動衰減分析

- 將此次地震之實測資料與地震動衰減律進行比較，探討其衰減特性。
- 所採用的地震動衰減律有
 - 淺層地震之堅硬地盤衰減律 (黑線, Jean et al.(2006))
 - 隱沒帶地震之堅硬地盤衰減律 (藍線, Lin et al.(2008))
- 該地震實測紀錄反映出隱沒帶地震特性，對於淺層地震之堅硬地盤衰減律則存在一震源特性的偏差





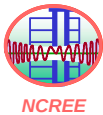
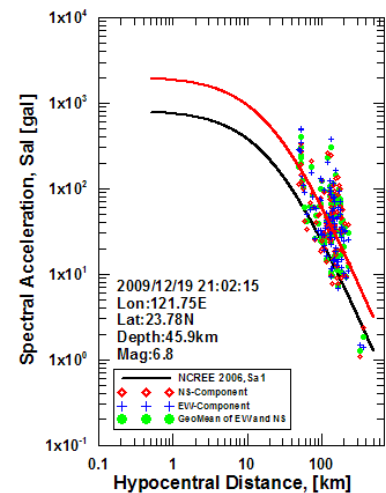
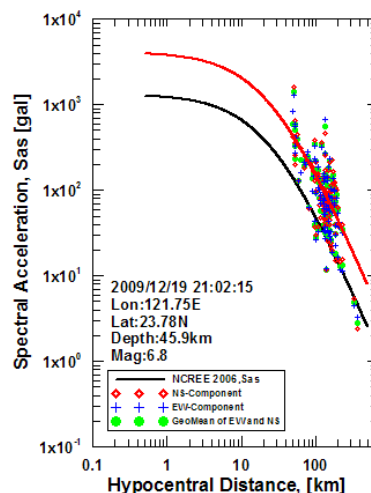
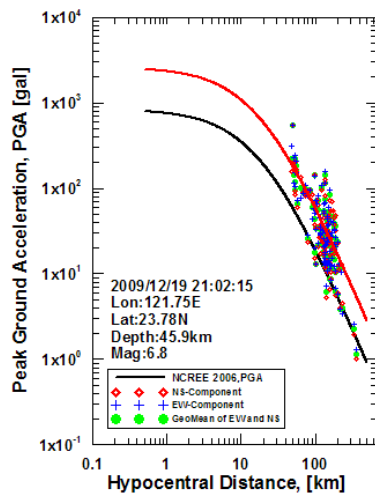
選用80公里內的即時站資料進行震源特性修正，建立該地震適用之event-specific衰減律(紅色線)

15筆資料

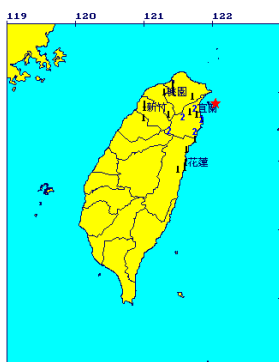
PGA範圍：0.54g~0.073g

將event-specific衰減律作為此地震後續評估之用

包括校舍位置之PGA預估



震源位置討論

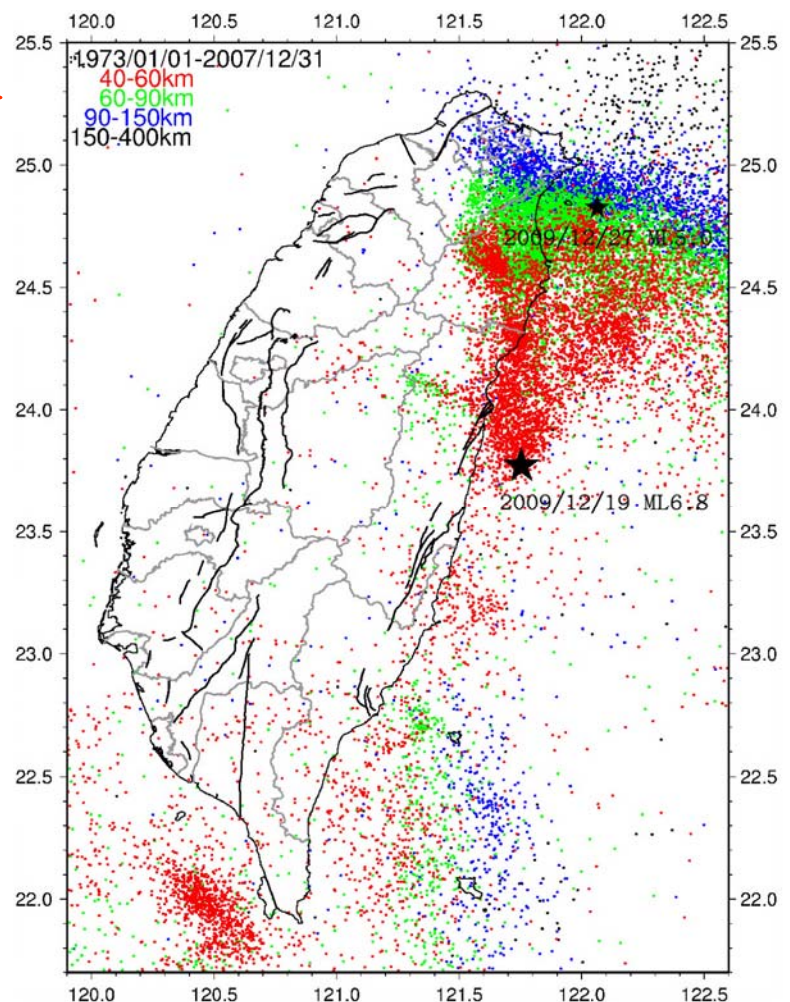


中央氣象局地震報告

編號：第98152號
日期：98年12月27日
時間：21時57分19.9秒
位置：北緯24.83度，東經122.06度
即在宜蘭市地震站東偏北方31.8公里
地震深度：73.7公里
芮氏規模：5.0
各地最大震度：
宜蘭市 2級
宜蘭牛門 2級
台北坪林 1級
花蓮和平 1級
桃園三光 1級
桃園市 1級
新竹市 1級
新竹竹北 1級
苗栗頭山 1級
花蓮市 1級

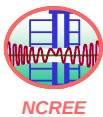
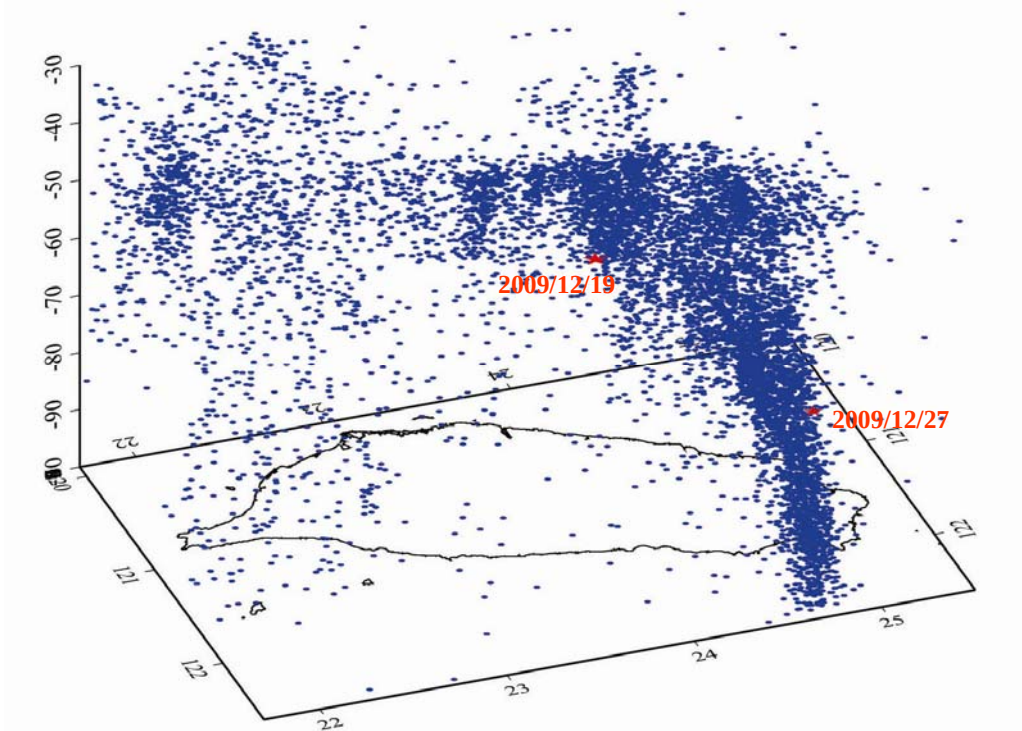
圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

本報告係中央氣象局地震測報即時地震資料地震測報之結果。





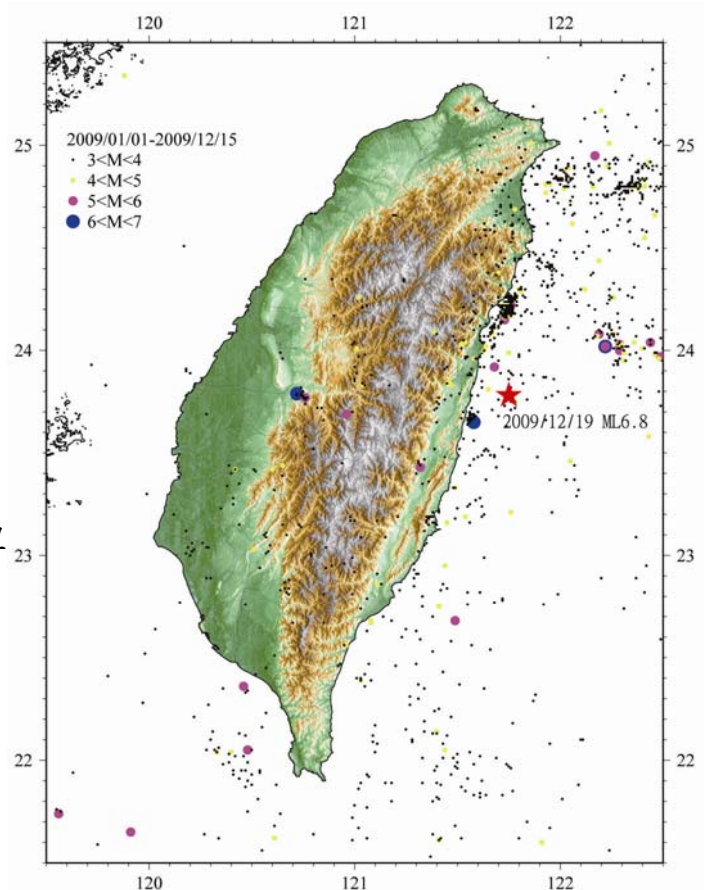
- 參照台灣歷史地震分佈，由震央位置及深度45.9km顯示，此次地震與過去觀察到板塊隱沒之班氏帶地震分佈有關，而非地殼內斷層所引發之地震。



今年以來之地震活動

規模大於六之地震：

1. 2009/07/13 ML6.0
花蓮地震站東方61.9公里
2. 2009/10/04 ML6.1
花蓮西林地震站東南方16.8公里
3. 2009/11/05 ML6.2
南投名間地震站南偏東方10.1公里
4. 2009/12/19 ML6.8
花蓮市地震站東南方25.5公里





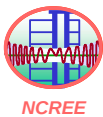
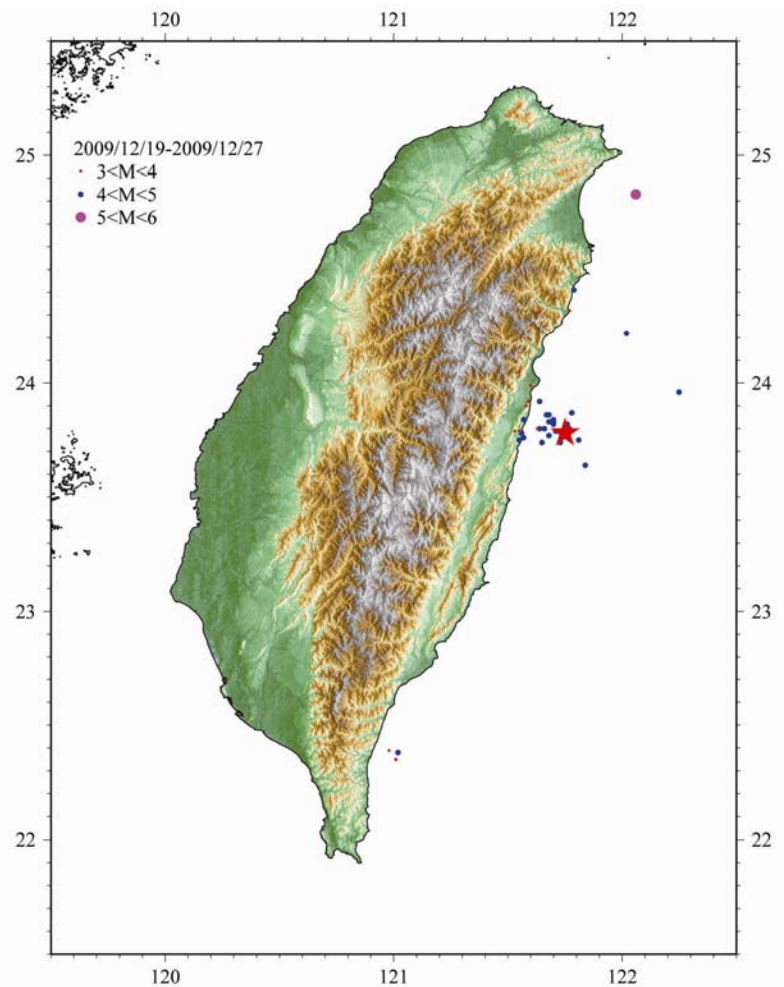
餘震活動

花蓮地震至今，共發生38筆有感地震

規模3至4有11筆

規模4至5有26筆

規模5至6有1筆



震源機制解

- 此地震屬帶有斜向滑移之逆斷層機制。
- 符合台灣東部外海菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊下方所導致壓縮大地應力特性。

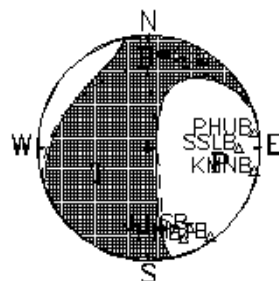
中央氣象局
09/12/19 13: 2:15.20(UT)

Lat.=23.78 Long.= 121.75
Depth= 55 km Mw = 6.42

	Strike	Dip	Slip
Plane 1:	252.62	29.58	166.20
Plane 2:	354.68	83.24	61.13

Iso.= 0.0% CLVD= 35.9%

Misfit average= 0.529

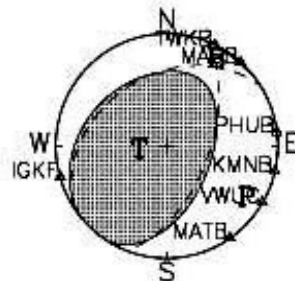


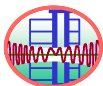
中央研究院BATS
09/12/19 13: 2:15.20

(23.7800, 121.7500)
Depth= 41 km Mw = 6.26

	Strike	Dip	Slip
Plane 1:	237.95	37.03	120.73
Plane 2:	21.27	58.82	68.92

Iso.= 5.3% CLVD= 30.4%





NCRREE

USGS震源機制解

- USGS公佈之CMT震源機制解與中研院BATS網結果較一致
- Body-Wave Moment Tensor則是走向滑移之分量較小，略偏向單純之逆斷層機制

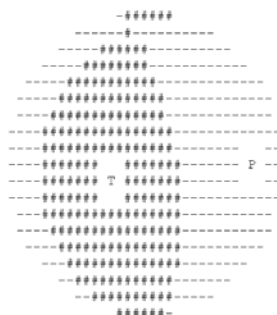
USGS Body-Wave Moment Tensor Solution

09/12/19 13:02:16.49
TAIWAN
Epicenter: 23.745 121.552
MW 6.4

USGS MOMENT TENSOR SOLUTION
Depth 42 No. of sta: 81
Moment Tensor: Scale 10**18 Nm
Mrr= 3.59 Mtt= 0.86
Mpp=-4.45 Mrt=-0.79
Mrp= 4.17 Mtp=-0.09

Principal axes:
T Val= 5.49 Plg=65 Azm=247
N 0.74 7 354
P -6.23 23 88

Best Double Couple:Mo=5.9*10**18
NP1:Strike=352 Dip=69 Slip= 82
NP2: 194 23 111



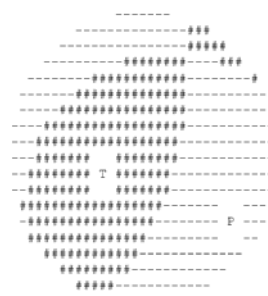
USGS Centroid Moment Tensor Solution

09/12/19 13:02:16.49
TAIWAN
Epicenter: 23.745 121.552
MW 6.4

USGS CENTROID MOMENT TENSOR
09/12/19 13:02:31.59
Centroid: 23.732 121.686
Depth 48 No. of sta:155
Moment Tensor: Scale 10**18 Nm
Mrr= 2.99 Mtt=-0.80
Mpp=-2.20 Mrt= 0.43
Mrp= 3.14 Mtp=-2.43

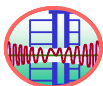
Principal axes:
T Val= 4.56 Plg=61 Azm=253
N 0.47 19 24
P -5.03 19 121

Best Double Couple:Mo=4.8*10**18
NP1:Strike= 16 Dip=68 Slip= 69
NP2: 241 30 131



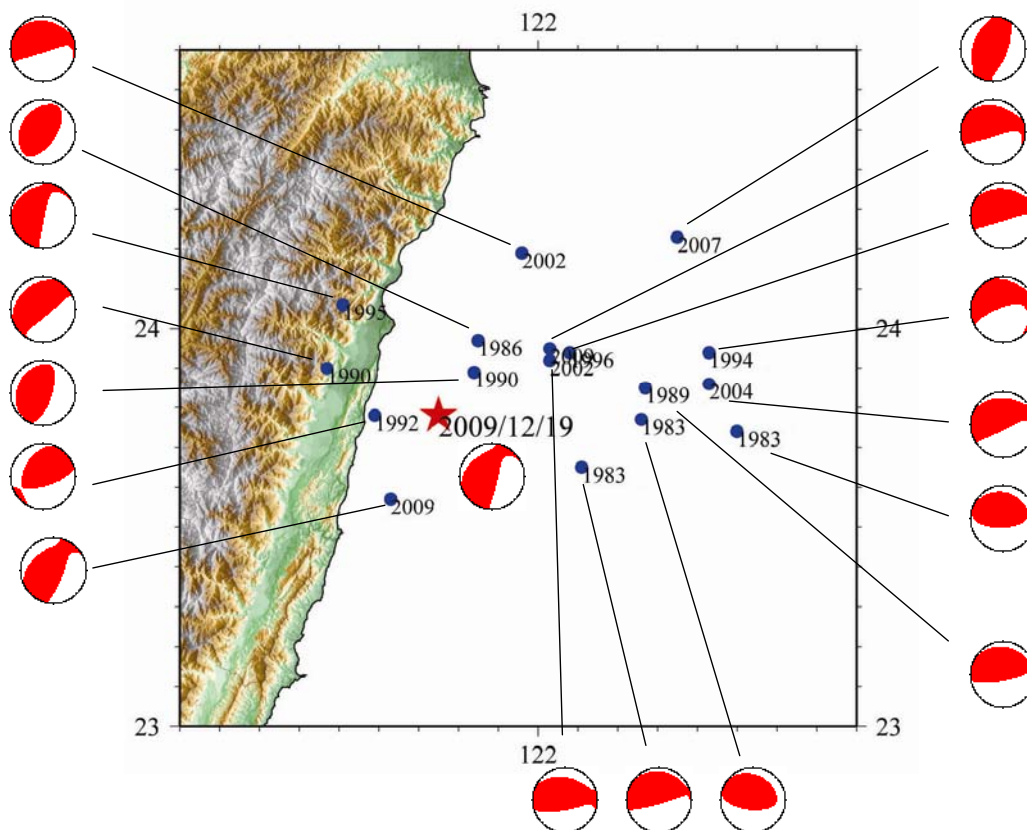
推測：

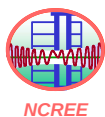
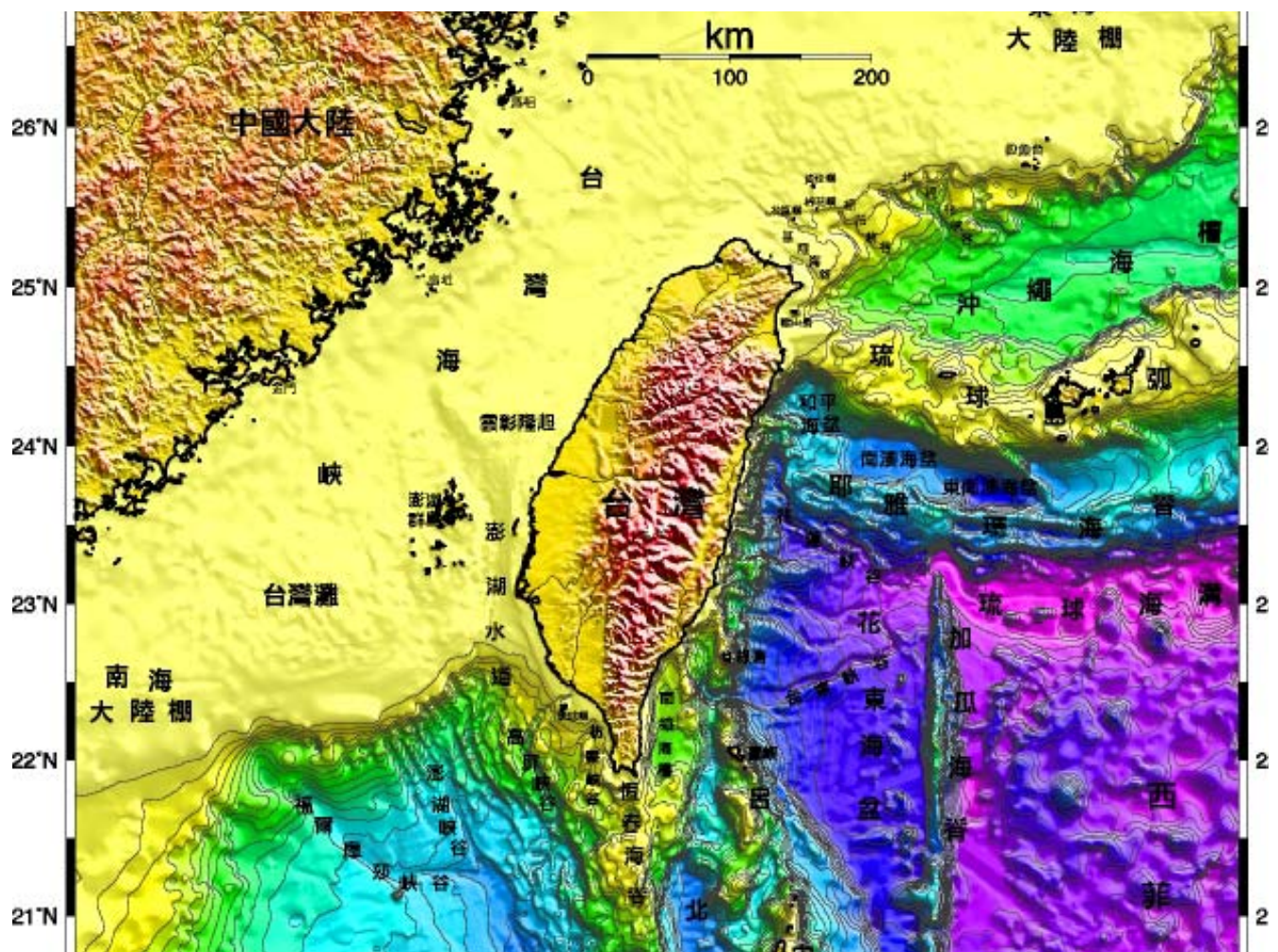
地震觸發時是南北走向
而最大破裂逐漸轉換成
東北-西南走向



NCRREE

歷史地震震源機制比較 (Global CMT)



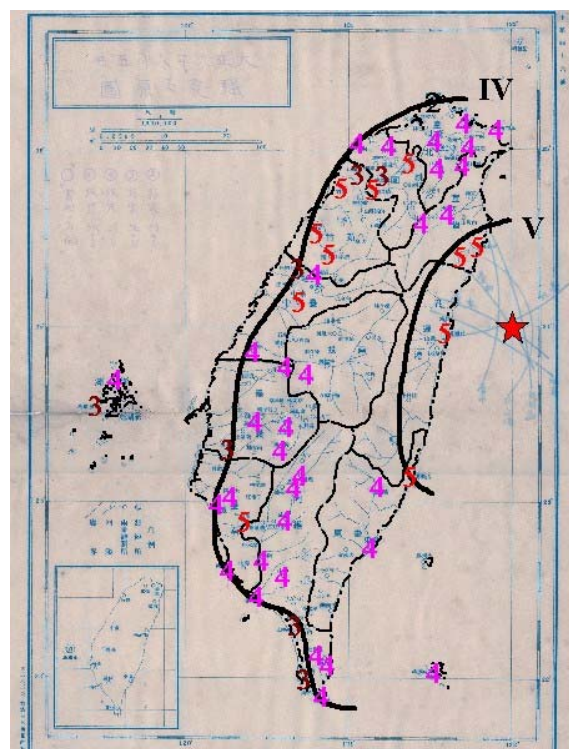


花蓮地區歷史災害性地震

1920年花蓮地震

- 1920年6月5日中午12:21，花蓮東方近海強震，全島各地均傳出災害
- 震央位於北緯24度，東經122度，深度20公里，地震規模
 - $M_{GR}=8.0$ (Gutenberg and Richter, 1954)
 - $M_S=8.0$ (Abe, 1981, 1984, Lee et al. 1978)
 - $M=8.3$ (Bath and Duda, 1979)
 - $M_H=8.3$ (徐明同, 1979)
 - $M_L=8.0$ (鄭世楠等, 1996)
- 5人死亡，273棟房屋全毀，許多地區的煙囪均倒塌，宜蘭線隧道崩塌

(鄭世楠，2009)



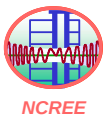


花蓮地區歷史災害性地震

1951年花東縱谷地震

- 1951年10月至12月東台灣籠罩在地震的侵襲下，自10月22日開始，地震接連不斷地發生，餘震沿著縱谷由北段之花蓮向南遷移，11月至中段之玉里地區，12月達南段的台東地區
- 台灣省氣象所(中央氣象局的前身)共記錄了3,037個地震，其中735個為有感地震、4個大地震($M_L 7.0$)，釀成。地震分佈長達一百多公里，同時引發米崙、玉里與池上等三條地震斷層的錯動
- 共造成85人死亡、200人重傷、1,000餘人輕傷

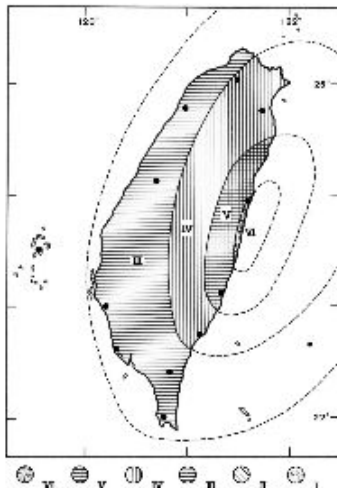
(氣象局，台灣十大災害地震圖集)



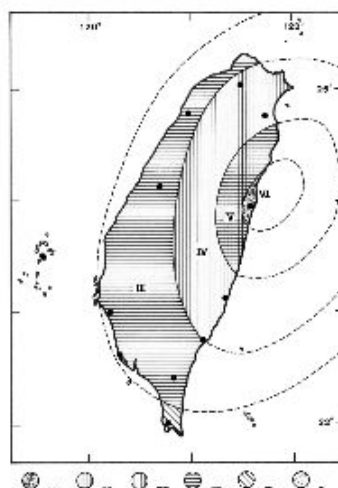
花蓮地區歷史災害性地震

1951年花東縱谷地震

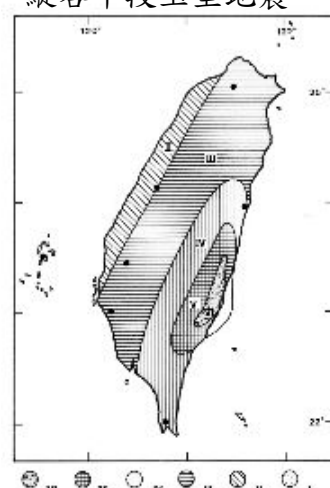
1951年10月22日 05:34
花蓮地震



1951年10月22日 11:29
花蓮地震



1951年11月25日
縱谷中段玉里地震

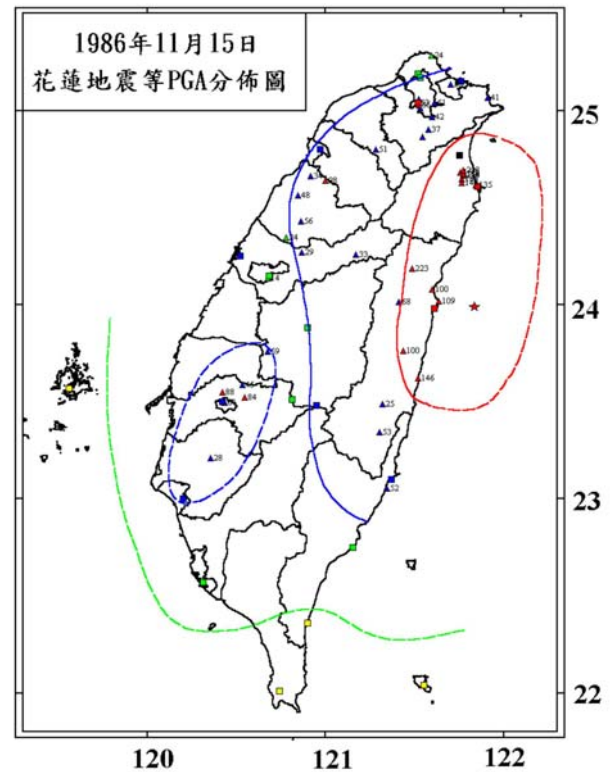


(氣象局，台灣十大災害地震圖集)

花蓮地區歷史災害性地震

1986年花蓮地震

- 1986年11月15日晨5時20分，花蓮東方約20公里海底(北緯23.992，東經121.833，震源深度15公里)，發生芮氏地震規模 $M_L 6.8$ 地震
- 台灣全島及澎湖均為震度Ⅱ級以上，共造成15人死亡、62人輕重傷，房屋全倒35戶、半倒32戶、至少有200餘戶以上的建築物受損
- 東部地區鐵、公路及碼頭多處嚴重受損，電信、電纜中斷



(氣象局，台灣十大災害地震圖集)

花蓮地區歷史災害性地震

1986年花蓮地震

- 台北縣中和市員山路之華陽市場，在此次地震襲擊下，幾乎大部份一、二樓的支柱折斷，造成12人死亡，數十人受傷的慘劇



(氣象局，台灣十大災害地震圖集)



花蓮地區歷史災害性地震

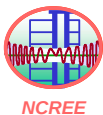
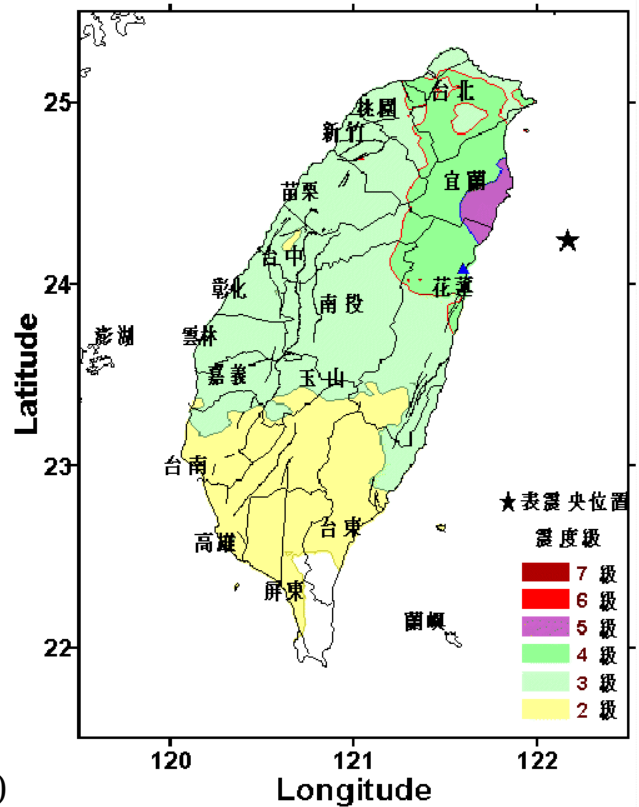
2002年花蓮331地震

- 2002年3月31日14時52分，花蓮秀林地震站東方44.3公里(北緯24.24，東經122.17，震源深度9.6公里)，發生芮氏地震規模 $M_L 6.8$ 地震
- 災情集中在台北市，台北101大樓工地吊臂斷裂，起重機自五十六樓掉落，造成五人死亡、二十多人受傷；數棟建築物受損、倒塌



(氣象局)

0331花蓮外海地震等震度圖



1986 vs 2009 花蓮地震 $M_L=6.8$ 何者大? 震災差異

哈佛大學 Harvard CMT

Date: 1986/11/14 Centroid Time: 21:20:17.8 GMT

Lat= 23.97 Lon= 121.85

Depth= 33.2 Half duration=10.0

Centroid time minus hypocenter time: 13.2

$M_w = 7.3$ $m_b = 6.2$ $M_s = 7.8$ Scalar Moment = $1.3e+27$

Fault plane: strike=210 dip=33 slip=87

Fault plane: strike= 33 dip=57 slip=92

偏差來源：
全球地震網測站數目
計算方法改進

地震觸發後到
產生最大主破
裂的時間差
地震持久時間

Date: 2009/12/19 Centroid Time: 13:02:20.0 GMT

Lat= 23.72 Lon= 121.66

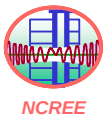
Depth= 45.5 Half duration= 4.1

Centroid time minus hypocenter time: 4.0

$M_w = 6.4$ $m_b = 6.4$ $M_s = 6.4$ Scalar Moment = $5.85e+25$

Fault plane: strike=248 dip=28 slip=145

Fault plane: strike= 10 dip=74 slip= 66



簡報結束 謝謝指教