



2019-07-06 M_w 6.9 南加州地震

03:19:52 (UTC time)

Information compiled by
Committee on Education & Outreach,
Taiwan Earthquake Research Center (TEC-CEO)
地震科學中心 教育推廣委員會

Published on 2019/07/06

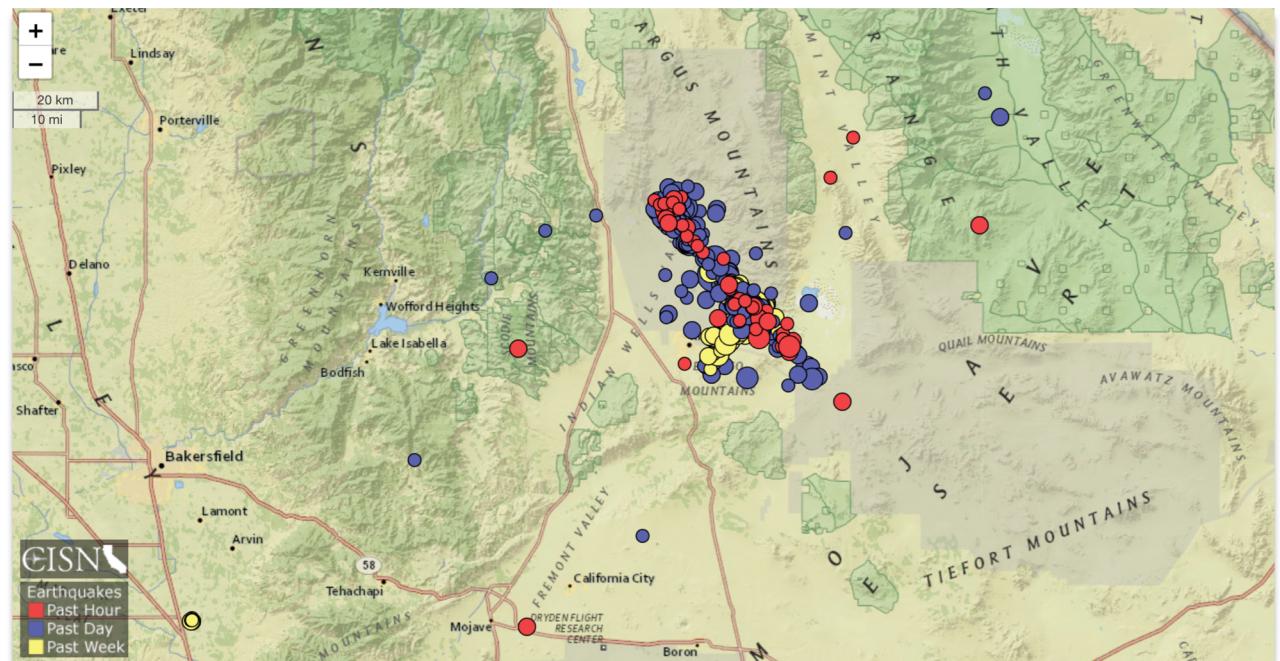
短摘

南加州發生了20年來最大的地震。

7月4日，美國國慶日當天早上上午10時33分，南加州的瑟爾斯山谷發生了規模6.4的地震。這是人煙稀少的沙漠區，240公里之外洛杉磯城內的摩天大樓，據報搖晃了三十秒，而傳出較多災情的，是20公里之外的沙漠小鎮Ridgecrest。其後陸續發生了超過一百起規模大於2.5的地震。

隔天晚上8點19分，另一起規模6.9的地震，襲擊了同一區域。由於規模更大，為主震，而前一天的國慶日地震，為前震。

本篇報導，帶大家初探前震、主震及歷史大地震的時空分佈和觸發關係。



https://www.cisn.org/map/index.html?fbclid=IwAR05y4IPGfB7obISwZrFpxtNUtCsVSp4jp-HU2SJlH_EKnfpA1ARxR0X2iw

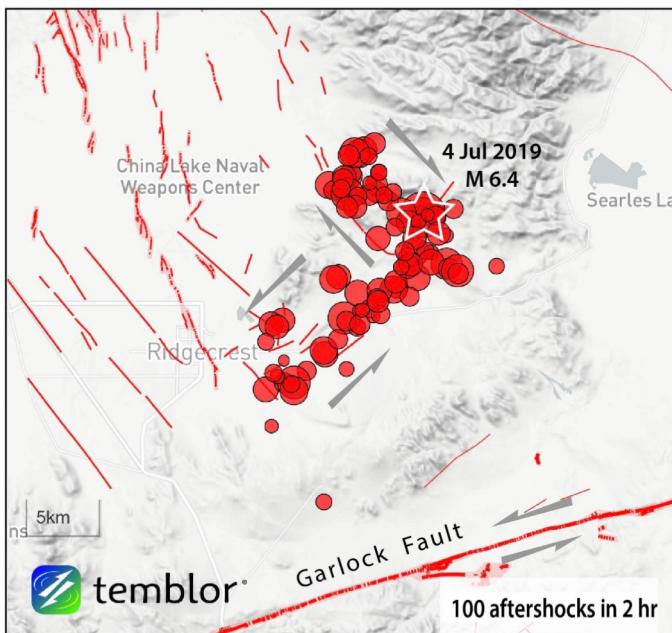
七月四日，前震

規模: Mw 6.4

震央位置 : 35.705°N 117.506°W

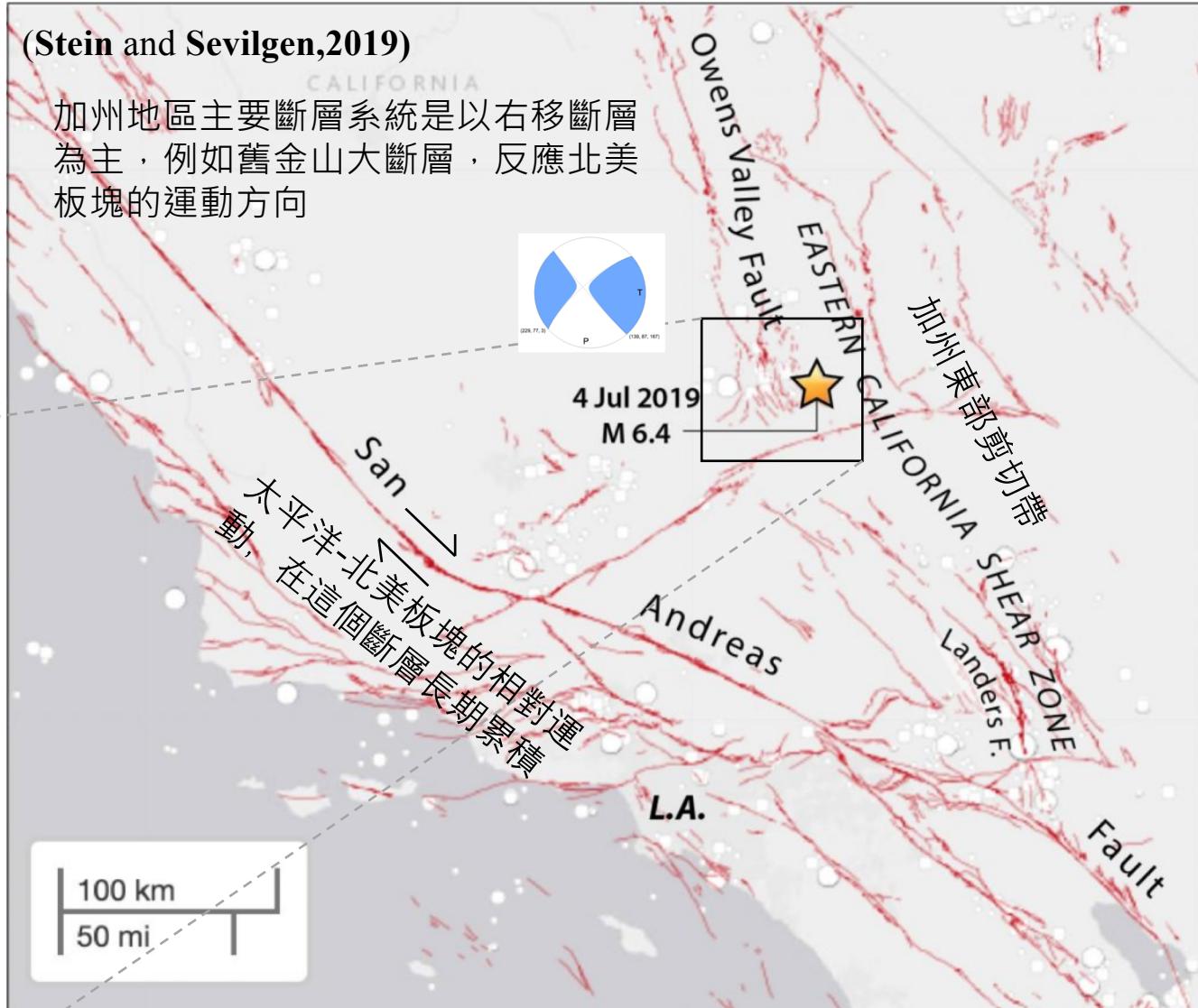
深度 : 10.7 km

兩個小時內的餘震高達100個，沿著兩個不同的方向延伸，分別長達15 km和10 km，顯現互相垂直的共軛面。



(Stein and Sevilgen, 2019)

加州地區主要斷層系統是以右移斷層為主，例如舊金山大斷層，反應北美板塊的運動方向

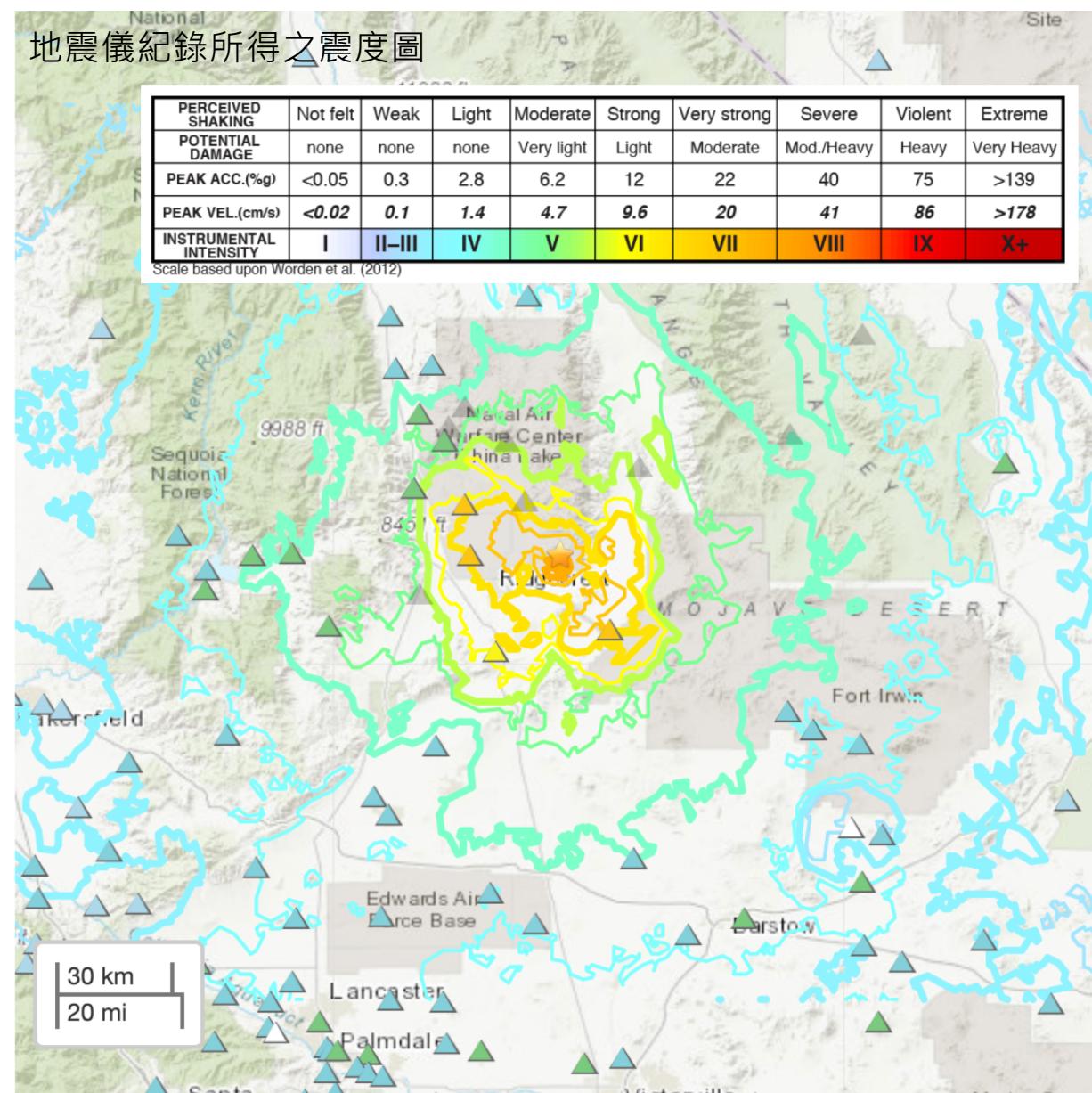
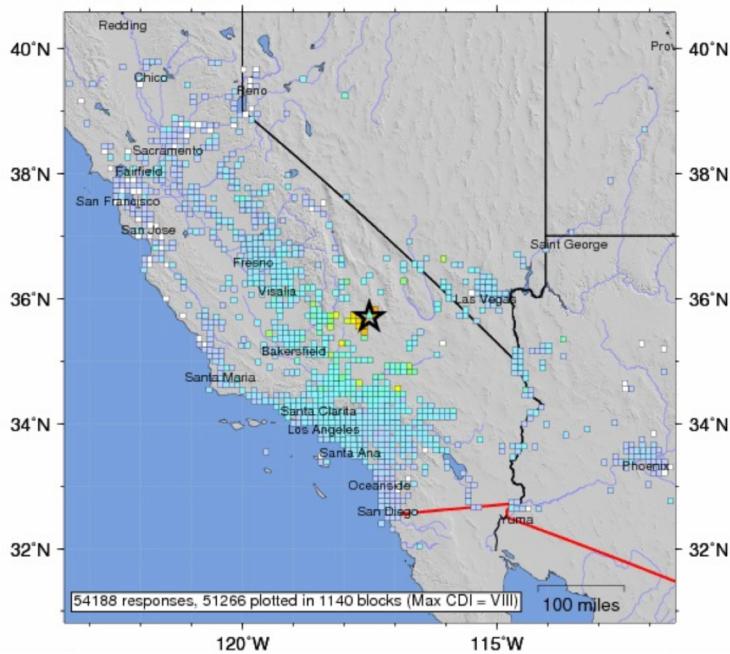


前震 震度分佈圖

利用地震儀紀錄，在 40×40 平方公里的區域的震度高達 0.12 g以上。

而民眾回報(Did you feel it)亦收到了五萬四千多筆的資訊，得到的區域震度圖顯示一致的訊息。

民眾回報所得之震度圖



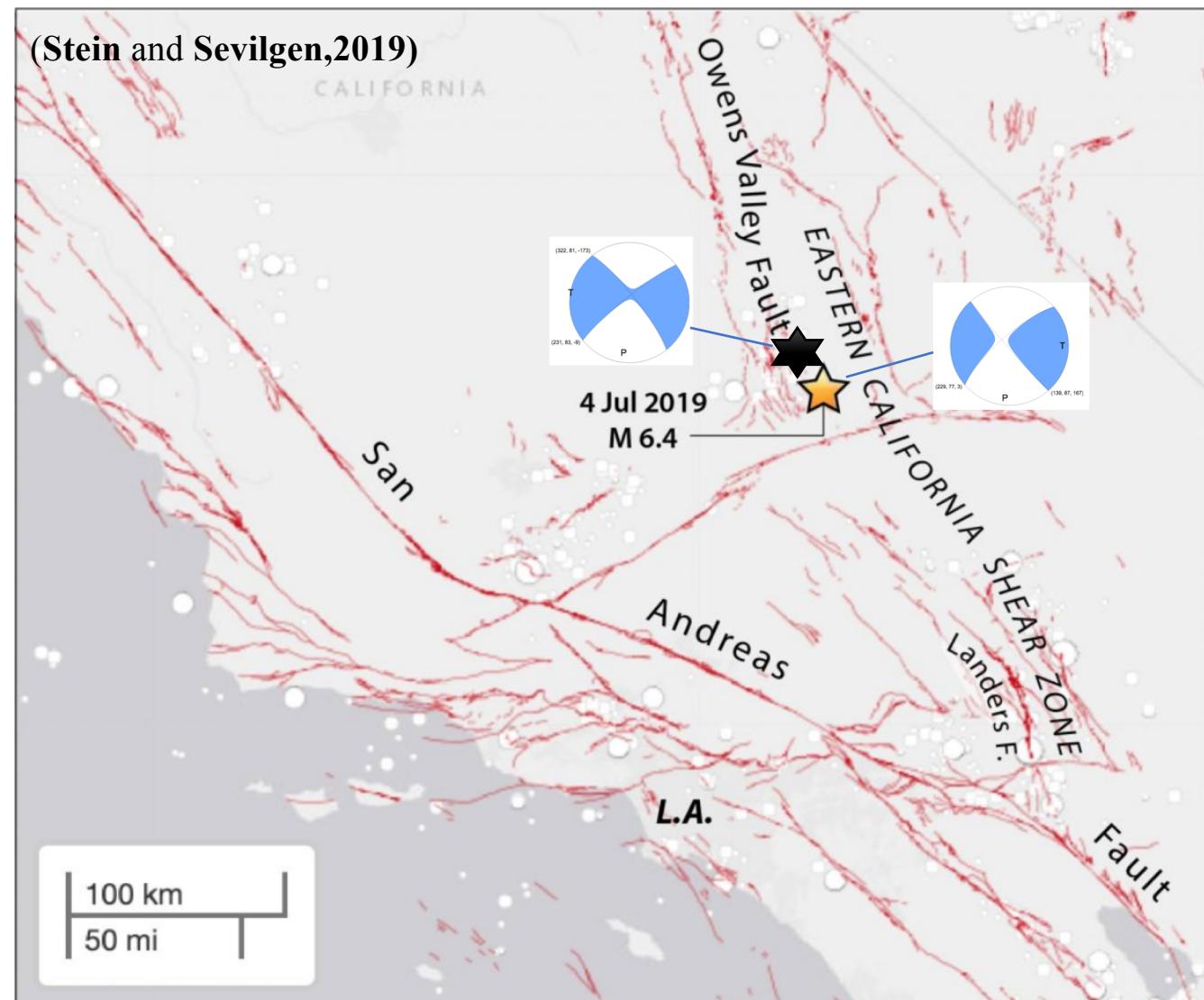
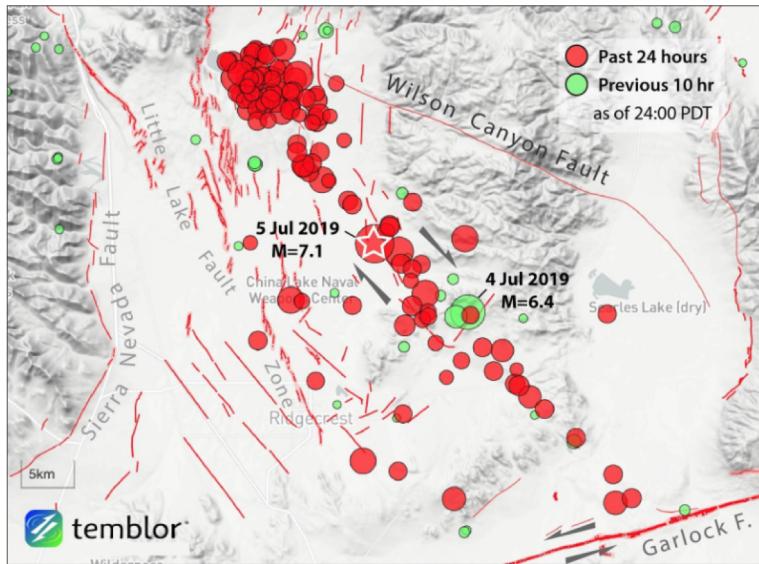
七月六日，主震

規模: Mw 6.9

震央位置 : 35.766°N 117.605°W

深度 : 17 km

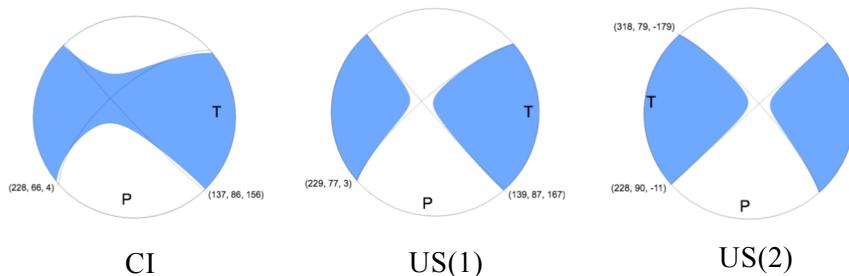
相對於七月四日Mw6.4地震的位置，主震發生在地震群更北端處。



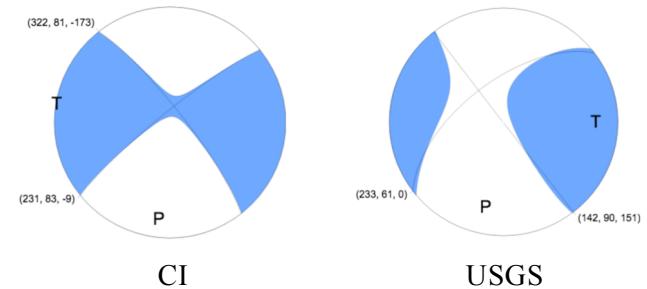
The 'Eastern California Shear Zone,' within which the 4th July shock struck, rivals the San Andreas for great quakes, producing an M~7.6 shock in 1872, an M=7.3 shock in 1992, and an M=7.1 shock in 1999.

震源參數比較

2019-07-04 17:33:49 (UTC)



2019-07-06 03:19:52 (UTC)



資料來源	深度	規模
CI	8.0 km	M=6.39
US(1)	11.5 km	M _{ww} =6.46
US(2)	13.0 km	M _{wb} =6.32

資料來源	深度	規模
CI	8.0 km	M=6.89
US	15.5 km	M _{ww} =7.11

這兩次的地震有相似的震源機制解，皆為走向滑移形式，可能為NW-SE 走向的右移，或是NE-SW 走向的左移斷層，最大主應力軸在南北向。

註：

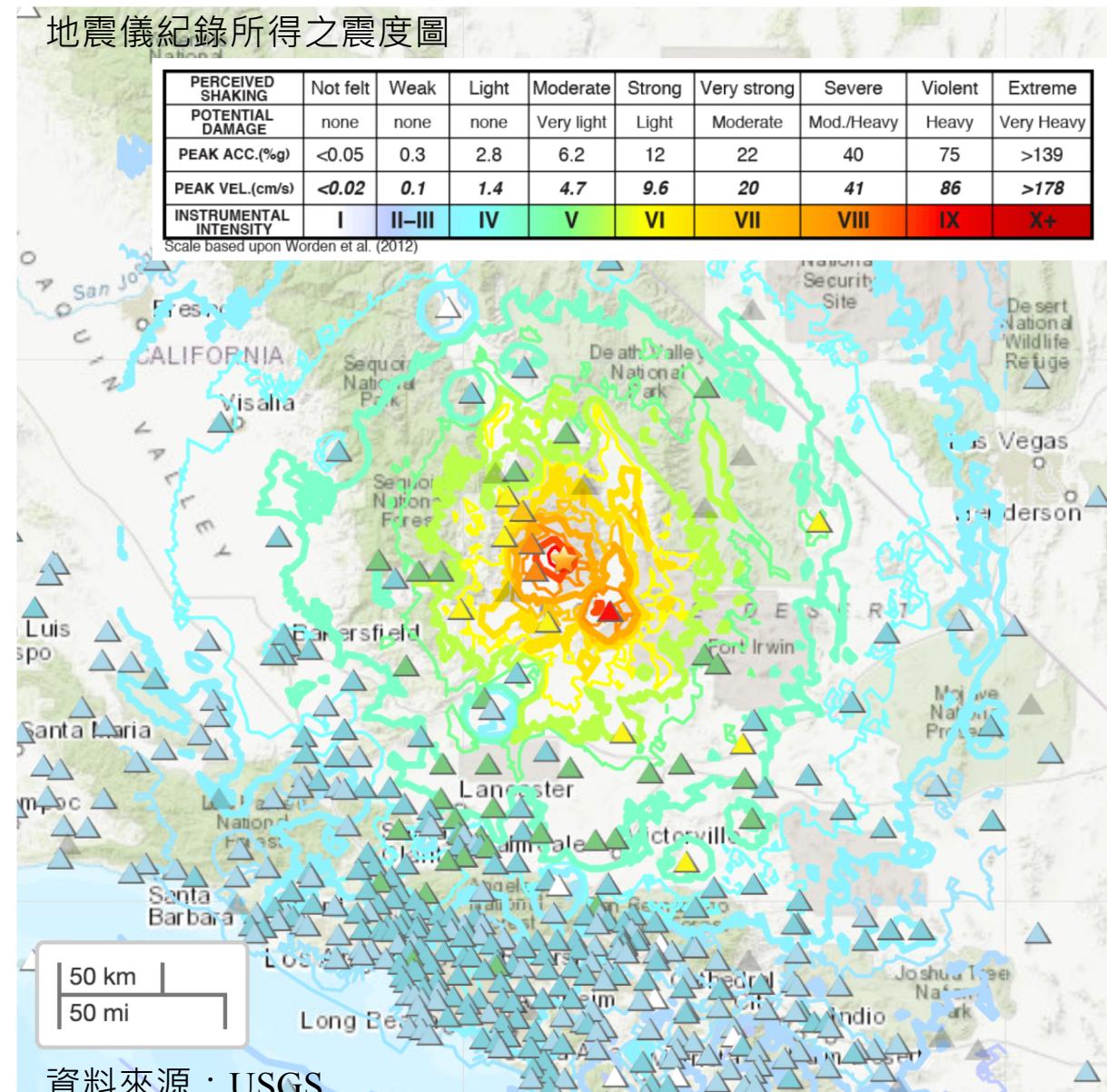
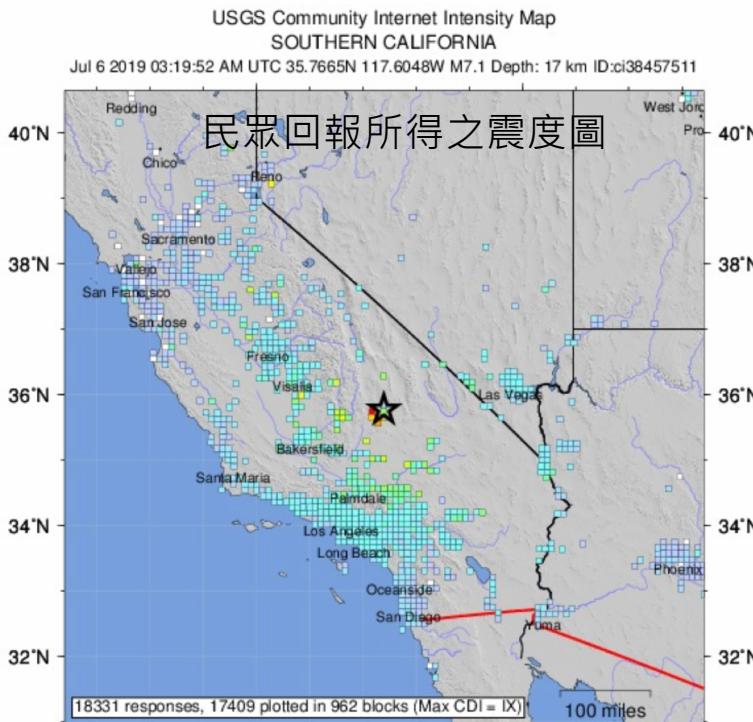
CI: California Integrated Seismic Network: Southern California Seismic Network (Caltech, USGS Pasadena, and Partners)

US: USGS National Earthquake Information Center, PDE

主震 震度分佈圖

和前震的震度分佈相比，更強烈的搖晃集中於震央區在60 x60 平方公里的區域內，震度高達 0.22 g以上。

而民眾回報(Did you feel it)收到了一萬八千多筆的資訊。



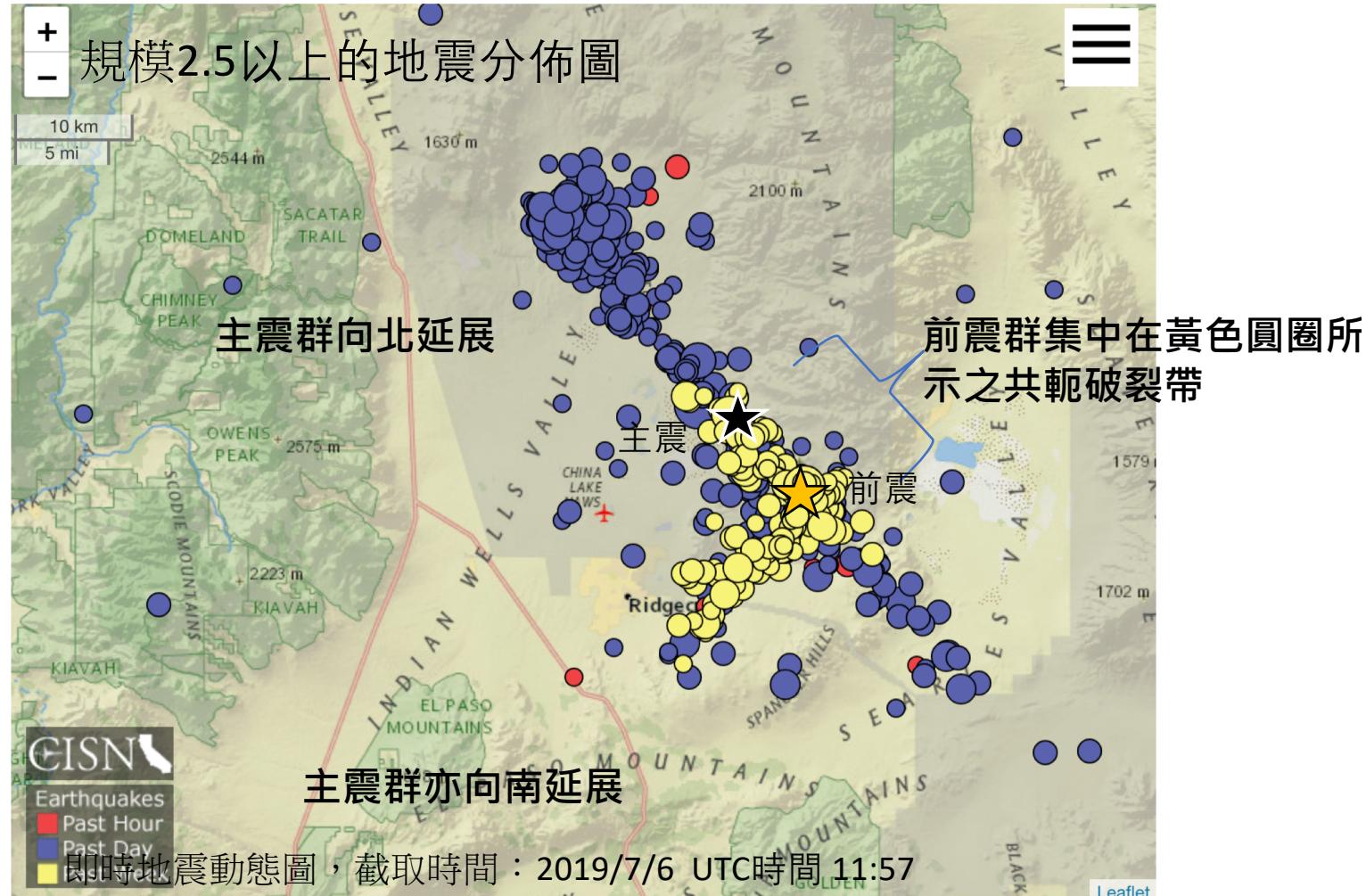
兩日之內的地震分佈，呈現兩個可能的破裂帶

這群地震序列密集的發生在西北-東南的主破裂帶，和東北-西南走向的共軛斷層。

前震：2019-07-04 17:33:49 (UTC)

主震：2019-07-06 03:19:52 (UTC)

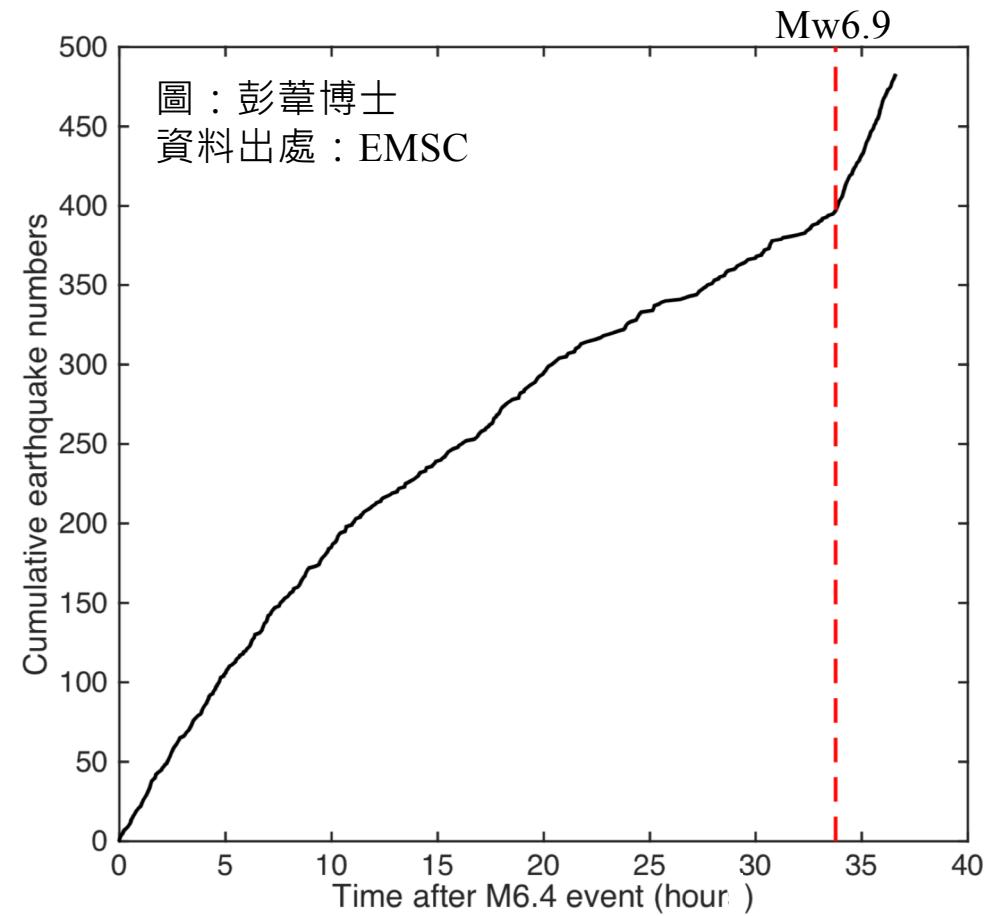
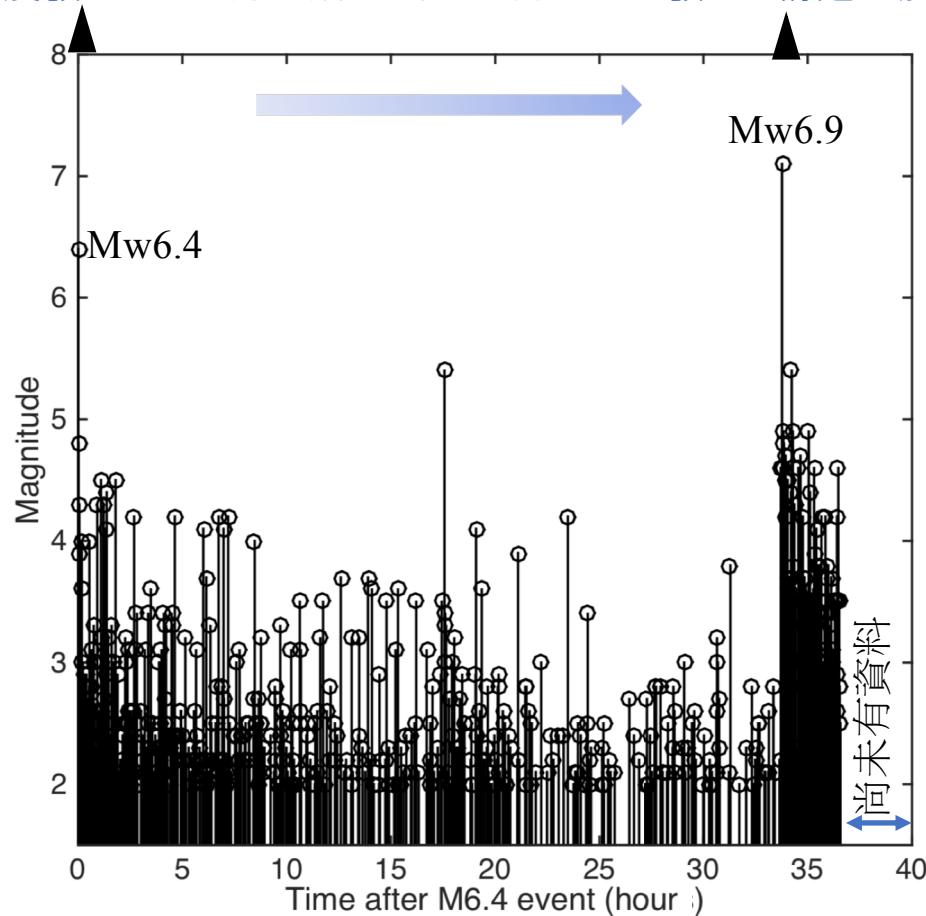
資料來源：
CISN



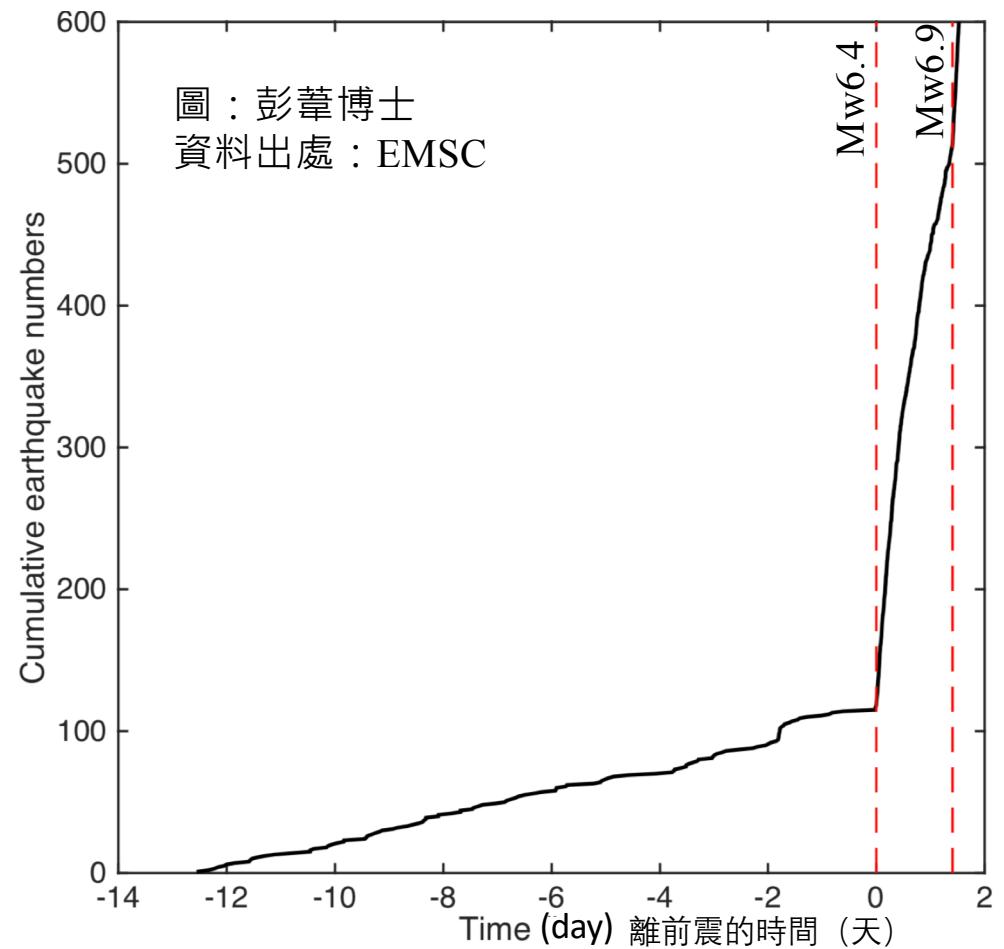
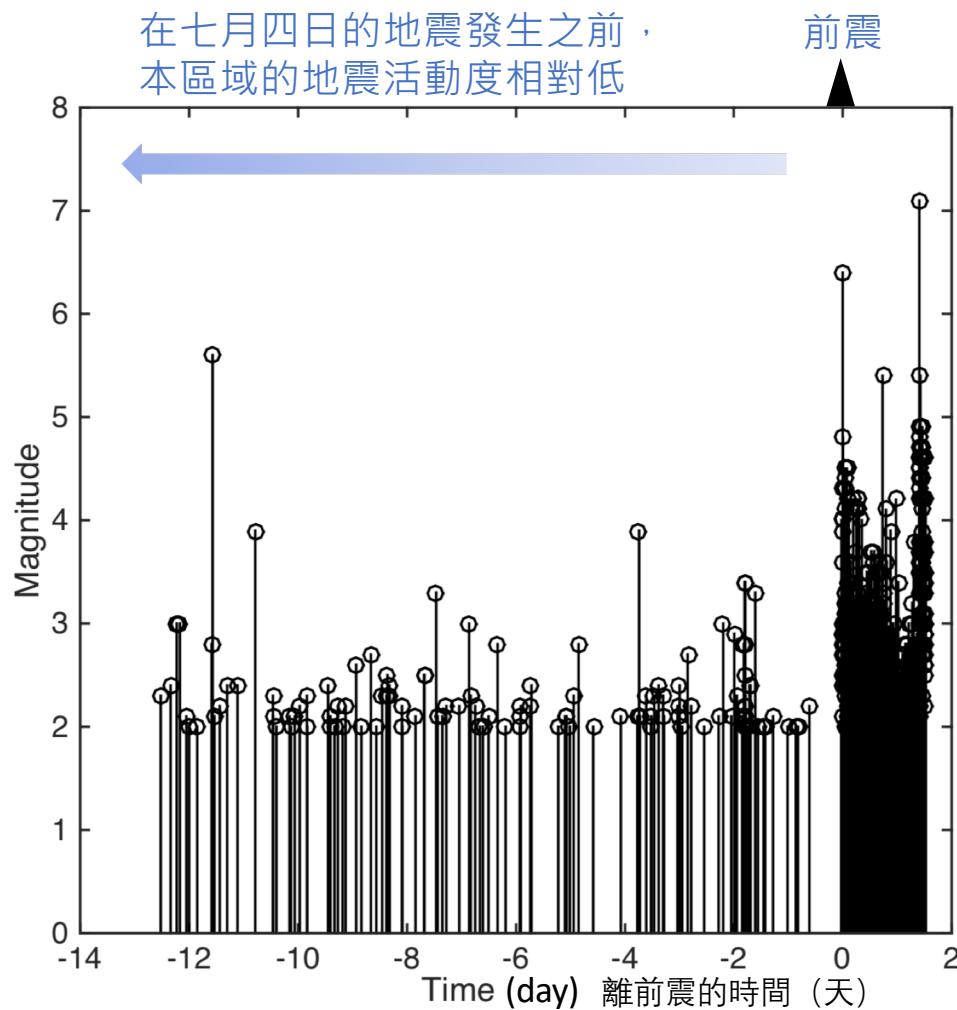
https://www.cisn.org/map/index.html?fbclid=IwAR21g_OO2F5wO7DvZsRMLeeHoWNOpri5VIBiAt1h2idIUPsOsCJ86McQZpHI

七月四日後的地震活動演化

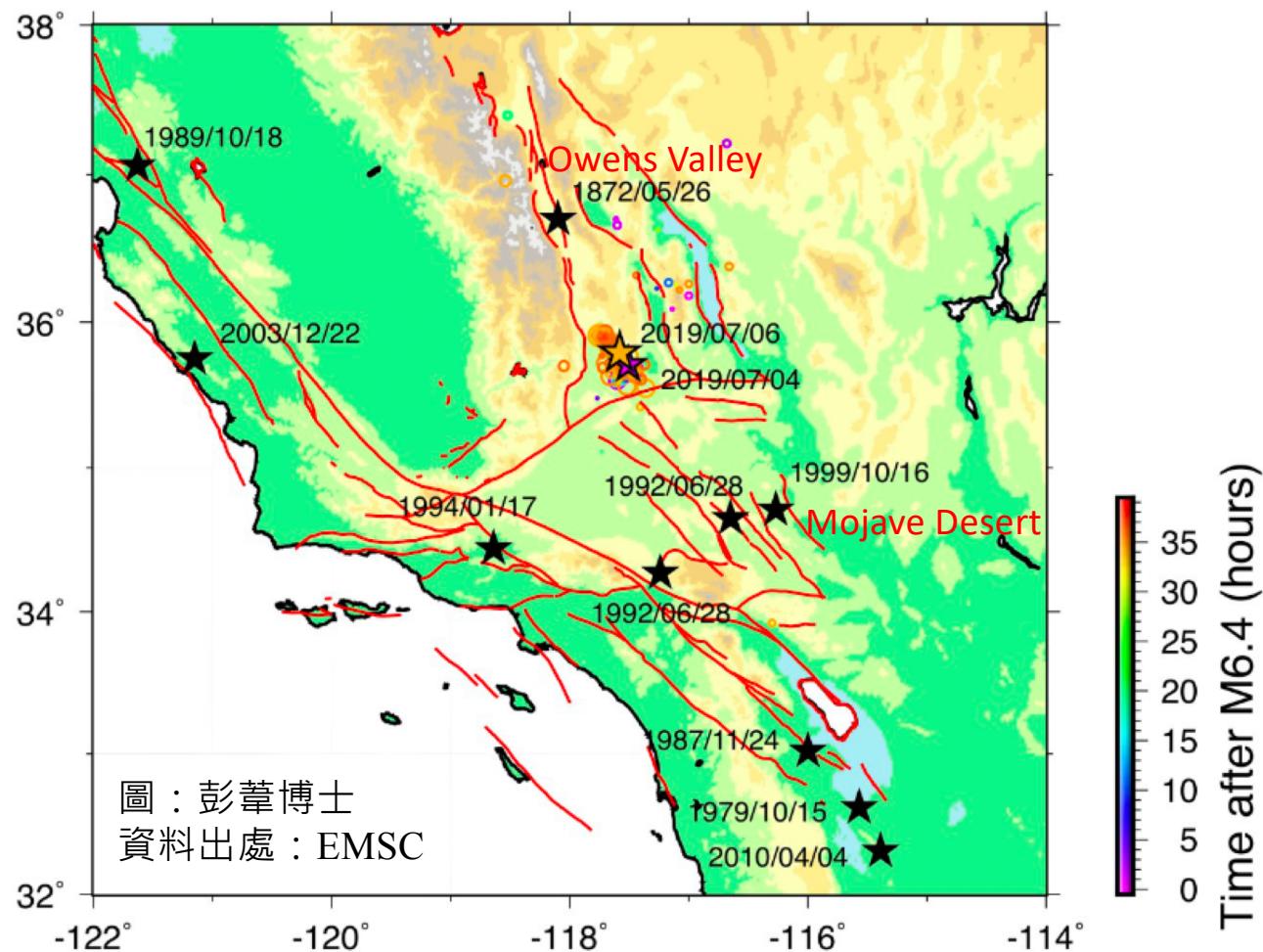
大規模地震發生 餘震數量在約一天後有逐漸衰減的趨勢 直到規模更大的地震發生- 稱之主震



七月四日前的地震活動演化



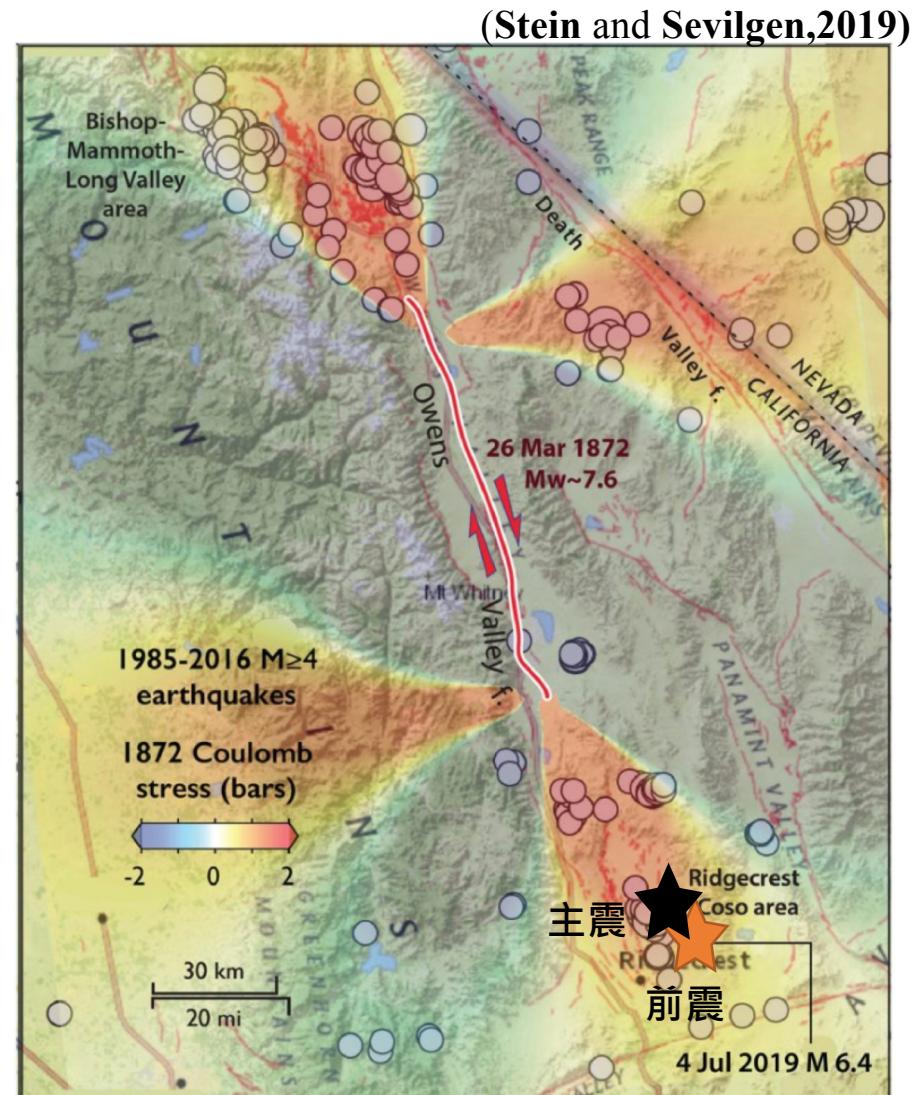
歷史地震分佈



- 在震央區過去並未發生過規模大於七的地震。
- 離震央區最近的歷史地震，已在約100公里之外，發生在北邊的Owens Valley，為1872年規模7.6的地震。
- 另一群發生在南方的Mojave Desert，最大規模的地震是1992規模7.3的Landers地震，和1999年規模7.1的Hector Mine地震。

歷史地震分佈（北）

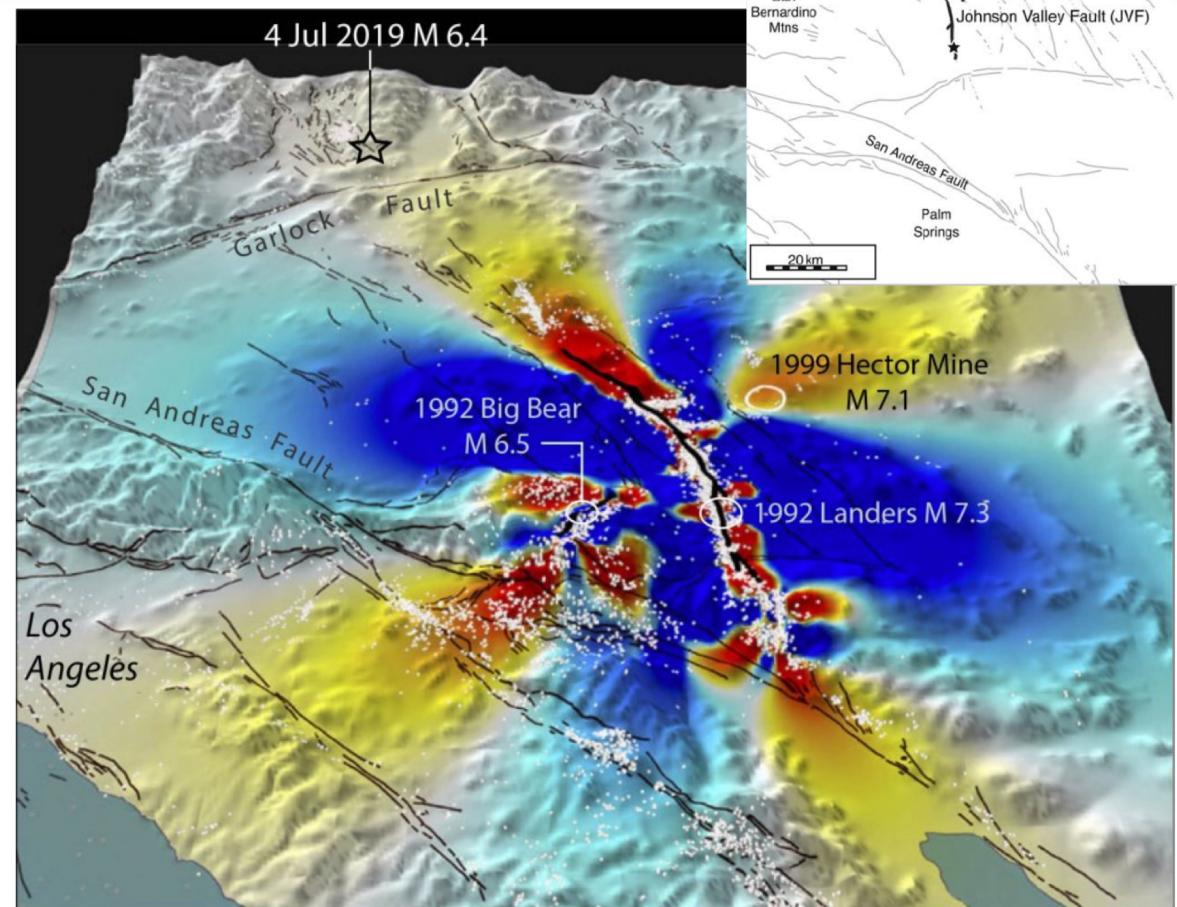
- 在震央區以北，1872年在Owens Valley，曾經發生過規模7.6的地震，對應到 Lone Pine Fault 和部分的Owens Valley fault的錯動。
- 這個1872年的大地震調整了區域應力場，應力集中區發生在右圖暖色區塊，和1985-2016年間規模大於四的地震高度重疊，說明地震的發生並非隨機，大地震後的區域應力調整扮演重要角色。
- 今年的地震群，亦落在1872年地震的應力集中區。



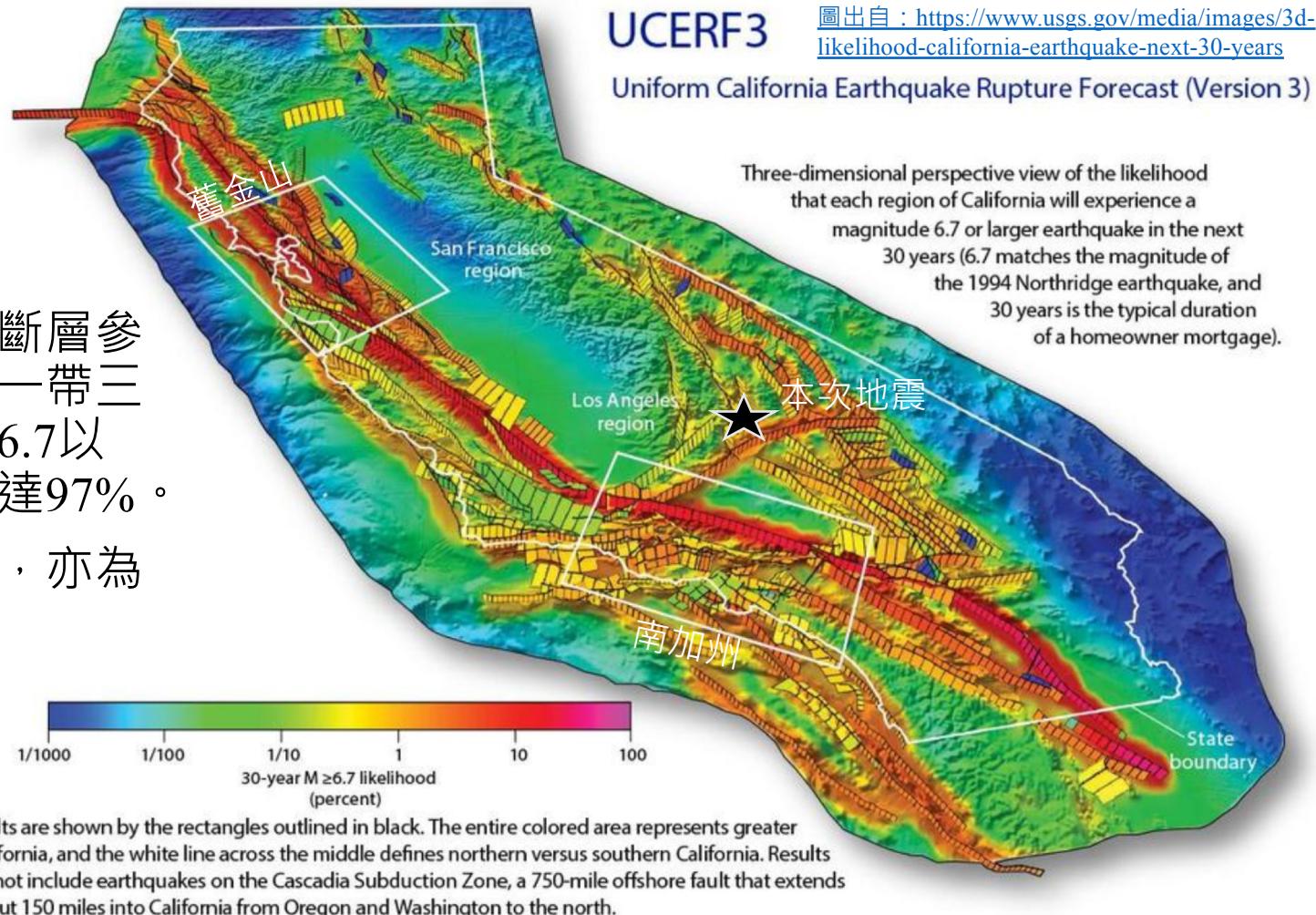
歷史地震分佈（南）

- 在震央區以南，1992年起有一連串的地震序列，包含：
1992 M7.3 Landers
1992 M6.5 Big Bear
1999 M7.1 Hector Mine
對應的斷層錯動包含了CRF, EF, HVF, JVF, LKF。
- 1992年的大地震亦調整了區域應力場，應力集中區發生在右圖暖色區塊，和餘震分佈(白點)及接續的兩個大地震（白色圓圈）高度重疊，今年的地震群，亦落在1992年地震的應力集中區。

(Stein, 2003)



地震潛勢圖

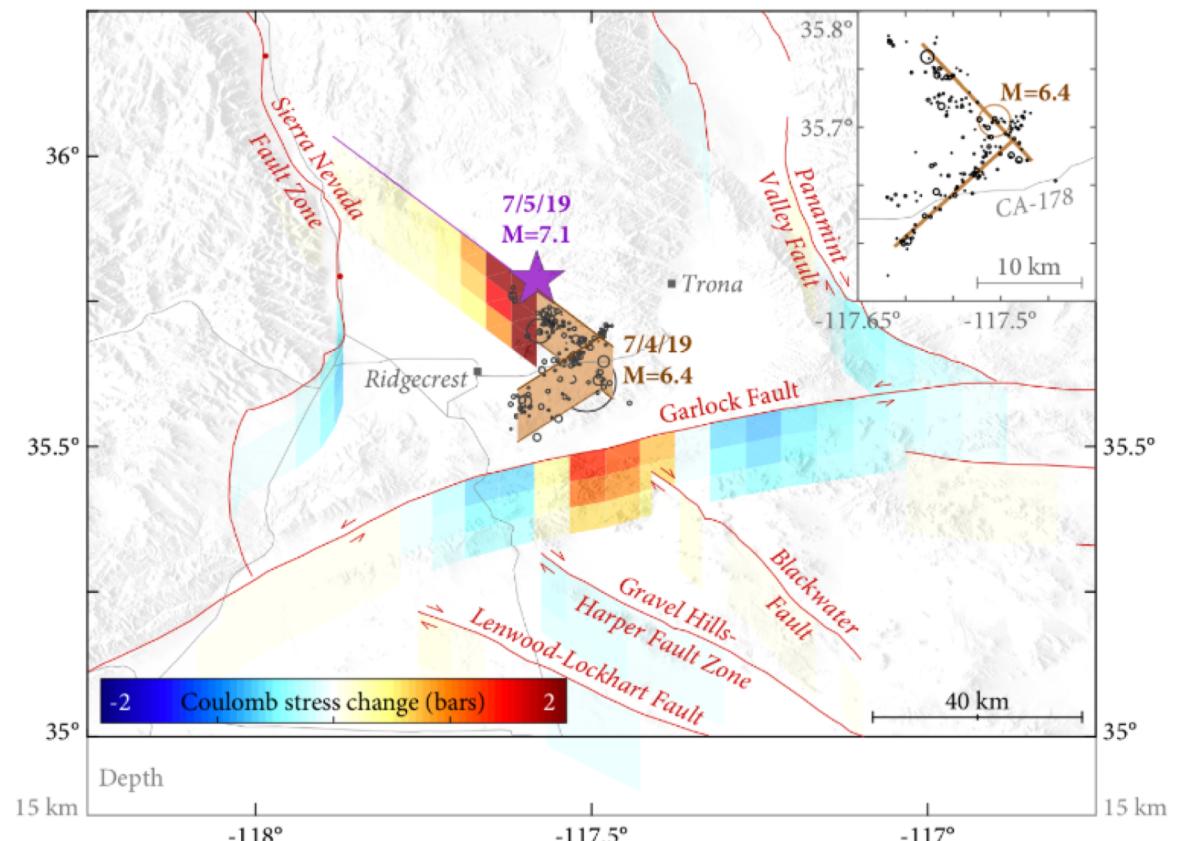


- 利用歷史地震和斷層參數資訊，南加州一帶三十年內發生規模6.7以上地震的機率高達97%。
- 本次地震震央區，亦為高潛勢區。

前震觸發了主震

- 利用Mw6.4 前震的滑移方向和大小， Stein et al. (2019)初步解算了區域庫倫應力變化分佈。結果顯示，Garlock, Black Mountain, and Panamint Valley Faults 可能會被觸發，而主震破裂即落在2 bar的庫倫應力增加區。
- 值得注意的是，位於San Andreas fault 和Eastern California Shear Zone間的Garlock fault，亦落於應力增加區，有被觸發的可能。

Stein et al. (2019)



庫倫應力變化：

$$\Delta CFF = \Delta \tau + \mu(\Delta\sigma - P)$$

$\Delta \tau$:斷層面上剪應力變化

$\Delta\sigma$:斷層面上之正向應力變化（張應力為正）

μ :摩擦係數

P:孔隙壓

斷層面上有效正應力減小，剪應力增加，則斷層面上的庫倫應力會增加，斷層更容易發生錯動。

參考文獻

- Madden, E., Pollard, D. D., Integration of Surface Slip and Aftershocks to Constrain the 3D Structure of Faults Involved in the M 7.3 Landers Earthquake, Southern California, Bulletin of the Seismological Society of America (2012) 102 (1): 321-342.
- Stein, R. S., and Sevilgen, V., (2019), Southern California M 6.4 earthquake stressed by two large historic ruptures, Temblor, <http://doi.org/10.32858/temblor.034>
- Stein, R. S. , Hobbs, T., Rollins, C., Ely, G., Sevilgen, V. and Toda,S. (2019), Magnitude 7.1 earthquake rips northwest from the M6.4 just 34 hours later, Temblor, <http://doi.org/10.32858/temblor.037>

常用的全球地震資料庫

- IRIS: <https://ds.iris.edu/seismon/>
- USGS: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>
- EMSC: <https://www.emsc-csem.org/#2w>