

2016熊本地震野外考察與感想

文·圖／鍾令和

摘要

去年在九州發生規模7.3的熊本地震，為近年日本陸上規模最大的地震。地震引發了兩條地震地表破裂：日奈久斷層北段以及布田川斷層的右移錯動。本次藉由野外實地考察地震的地表破壞行為與學術交流以提升臺灣地震防災的新知。筆者也希望藉由本次野外觀察的報導，喚起漸漸被臺灣人遺忘的921集集地震的慘痛教訓。

關鍵詞：熊本地震、地表破裂、活動斷層、古地震、槽溝挖掘

近年日本接連受到強烈地震襲擊，如2011年史上少見規模9的311東日本大地震，地震引發海嘯並間接造成福島核電廠的損壞。接著去年在九州又發生規模7.3的熊本地震，為1923年規模8.3關東大地震之後日本陸上規模最大地震。連日本三大名城之一的熊本城都遭受嚴重破壞，預估災後重建需費時20年（圖1）。日本是世界上大地震發生最頻繁，也是地震防災做得最完善的國家之一，有許多臺灣可以借鏡的地方。筆者在2016年11月份有機會參與熊本地震的野外考察，並在今年5月參加於日本千葉舉辦的 AGU-JpGU 年會，藉此機會分享熊本地震的野外考察結果與心得。

2016年4月16日的熊本地震引發了兩條地震地表破裂：日奈久斷層北段以及布田川斷層的右移錯動（圖2）。主震震央位置就在兩條活動斷層交會處（熊本縣的益城町附近）。整個地震序列延兩條斷層向南及向北拓展，更向北延伸進入九州最大的活火山—阿蘇火山群的範圍內，並引發10月份的火山活動。地震也觸發更北邊在別府附近，一系列近東西向的正斷層，這些斷層與布田川斷層都屬於日本重要的斷層之一的中央構造帶最西邊。

這次熊本地震除了誘發阿蘇火山活動之外，另一個特別的地方，是它為一個有前震發生的地震。在熊本地震發生的前兩天(4/14)，曾經在南方延伸的斷層上產生規模6.5的地震事件，兩天後(4/16)才發生規模達 7.3的熊本地震主震。斷層應力傳遞的現象在世界各地常常被觀察到，例如：2011年與2016年在紐西蘭基督城的兩次地震，還有土耳其的北安那托利亞斷層在1939年、1942年、1943年與1944年一系列由東向西傳遞規模7的地震序列。但是，很少有僅間隔兩日的傳遞現象。

熊本地震產生地表破裂的兩條斷層分別為31公里長的布田川斷層（最大右移量2.2公尺）與6公里長的日奈久斷層北段（最大右移量0.5公尺）。本次野外調查的重點位在布田川斷層延伸進入阿蘇火山群的位置，也是本次地震破壞比較嚴重的地區（圖3、4）。

熊本地震發生在原本預計活動周期很長的斷層之上。布田川斷層在HERP(2013)的報告中，所估算斷層的長度只有19公里，比本次的地表破裂的長度（31公里）短很多。布田川斷層的活動週期為8100~26000年，而最近一次地震是在距今2200~6900年之間，似乎離下次的大地震預計發生的時間還很久。而日奈久斷層總長16公里，但僅北段的6公里產生地表破壞。紀錄中最近一次地震是在距今1200~1600年之間，報告中並無活動週期的資訊。運用另外一個概估斷層的活動週期的方法，就是用長期滑移速率來做計算。這兩條斷層的長期滑移速率都在 1 mm/yr 以下，經過計算布田川斷層帶東北段的平均地震活動週期大約為3100年左右，而日奈久斷層帶的平均地震活動週期則大約介於4000~5000年之間。這個方法粗估的地震發生週期比 HERP(2013)的報告中明顯較短，表示已經進入可能發生地震的範圍，但是約4700年這麼大的不確定誤差範圍，仍舊無法告訴我們實際有用的資訊。

在今年 AGU-JpGU 會議上，京都大學的林愛明教授所發表槽溝研究顯示，布田川斷層帶在過去約4000年內可能至少發生過3次以上的古地震事件。若是如此，該處斷層的活動週期只有1000年左右。找到這些過去被忽略的古地震事件，使得布田川斷層的活動週期縮短成十分之一，這使得專家面臨了活動斷層研究的兩難。在日本已確認為萬年週期尺度的活動斷層有數千條，這遠多於已確定為千年週期尺度活動斷層的數目。如果每條原先確認為萬年週期的活動斷層都要重新進行詳細的槽溝挖掘研究，確認是否有遺漏的古地震事件，將所費不貲。再者，這些不確定的萬年尺度斷層位置也不容易確定，而且適合槽溝挖掘的位置也相對稀少，勢必造成調查的難度。然而，這些遺失的古地震事件，卻是判斷地震活動週期的重要依據。相同的困境也發生在地震頻繁的臺灣，如何提升槽溝挖掘的正確性與數量，勢必是未來研究的重要方向。

更重要的是，這次的熊本地震事件也告訴我們：目前研究定義為萬年週期的活動斷層不見得比千年週期的活動斷層安全，只不過是調查工作上的分類而已。另一個可以提供地震危害評估的方式則是斷層的長度，把可能發生規模7以上的斷層列入另外一個系統中，而不是只用活動週期來加以分類，這樣可以避免因缺少古地震事件的研究而無法概估地震週期。

筆者常常在想，如果相同規模的地震發生在世界上其他地方，所造成的傷害只會更大，日本已經算是全球地震防災最先進的地方，面對天災實仍如此無力。如何從已經發生的地震中學會新的地震新知，是我們應該努力的方向。了解熊本地震可以幫助我們掌握更多地震破壞的相關資訊，也為地震防災方面提供更多有用的訊息。

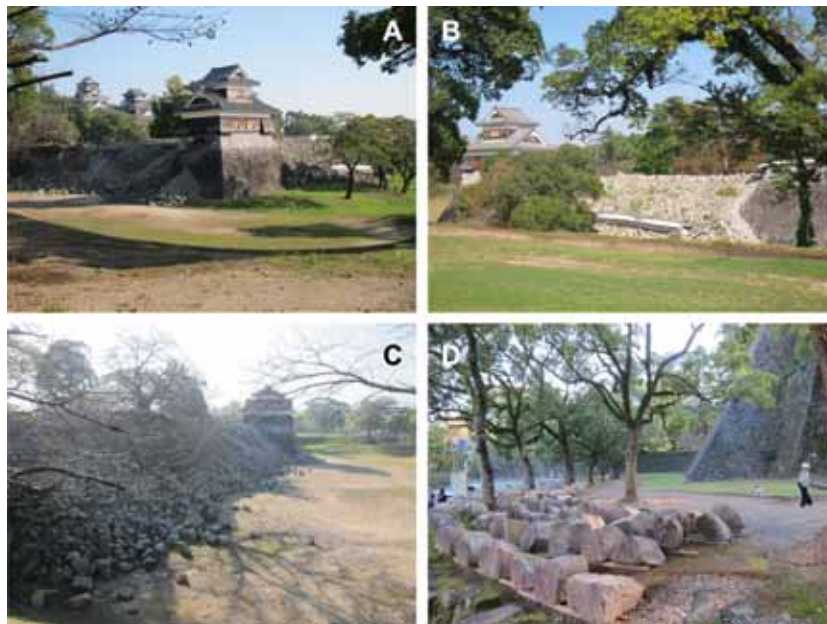


圖1. 熊本城因損壞嚴重，目前無對外開放。(a)、(b)、(c)皆為護城河外牆崩壞情況，從(a)可以看到角樓的基座已有一半損毀，相當危急。(d)為整理過崩落的石材，未來將用於復原。

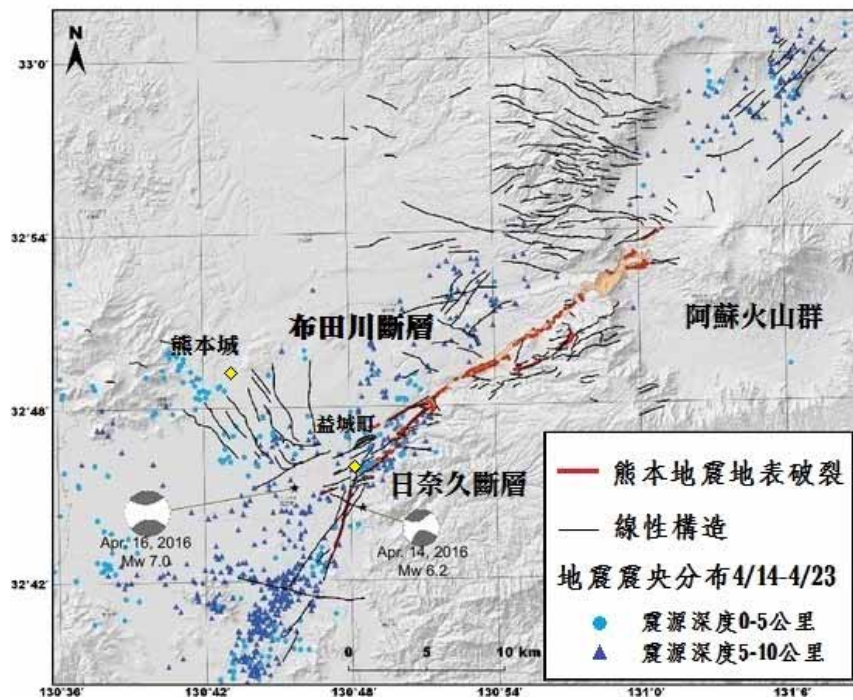


圖2. 熊本地震地表破裂與主震餘震分布圖(修改自 Fujiwara et al., 2016)。



圖3. (a)位在阿蘇火山群東南的阿蘇西國小附近，農地被斷層抬高約一公尺。(b)東海大學阿蘇校區附近道路。雖然路面已經修補，但是雙黃線仍然記錄著斷層右移的現象。(c)長陽西部國小附近的田埂斷層右移約一公尺。(d)長陽西部國小附近農田中有雁型排列的斷層破壞(白色為用石灰粉標記)。



圖4. 熊本地震在南阿蘇村造成嚴重破壞。(a)房屋垂直坍塌壓毀停放在一樓的車輛。(b)地震引發大規模山崩與泥石流，也將1971年所建的主要聯外道路阿蘇大橋摧毀。(c)斷層線穿過的地方房屋倒塌。(d)與(e)為主震震央附近益城町的房屋破壞情況。