

關山地震、池上地震與民國40年的玉里地震

文·圖—鍾令和

2022年9月17日週末的晚上，筆者正坐在家中想著再過4天，集集地震就滿23歲了，臺灣Z世代大學生已經沒有大地震經歷等等的雜念，就在此時，客廳電視突然開始劇烈搖晃……，職業病的筆者從地震搖晃感覺判斷應是東部來的地震，從NCDR官方Line帳號的地震速報顯示是關山地區芮氏規模6.4，確認了我的猜想，原本想說今年第二個規模大於6的地震有點晚到(平均每年臺灣會有3次規模6的地震事件)，隔天下午芮氏規模6.8的池上地震就緊接著報到。

已經趕往東部的地質同溫層朋友與新聞報導紛紛傳來地震現場資訊。筆者此時意識到這個集集地震以來最大地震事件與自己的關連性，而此次地震過後的週末野外考察，對我來說更算是某種程度的回憶之行(圖1)。



圖1 池上地震的橋樑破壞。左上圖：崙天大橋東側路面受擠壓突出的地表變形；左下圖：正在拆除的崙天大橋；中圖：玉里舊鐵橋的板塊交界紀念碑，在池上地震過後兩側的高差增加到快半公尺左右，還有少量的斷層左移現象；右圖：被地震破壞的高架大橋橋面。

72年前的玉里地震

集集地震發生在筆者大學三年級那年，受到地震帶來的影響與災後感觸，讓筆者決定努力考取台大地質研究所，踏上地質研究這條路。當年指導教授認為學界大多把焦點集中在西部的車籠埔斷層與相關活動斷層研究上，建議筆者不妨把研究目標設定在集集地震發生前的大地震事件中還未完整呈現的細部野外調查工作。於是碩士班兩年完成「1951年池上一玉里地震地表破裂與其所指示之新構造意義」論文的研究。

當時田野調查目標鎖定的是當時60至80歲有經歷過玉里地震的當地居民，由於年代久遠且東部地震頻繁，所以訪談上百人後大約僅有30幾位長者的口述資訊，加上歷史文獻不多的黑白照片與活動斷層地形的判釋，進而整理出玉里地震地表破裂的可能位置。由於可用的資訊實在不多，因此筆者口試時其實有些心虛，擔心論文會被口試委員質疑。

活動斷層追追追

事實上，歷史地震的調查多半是倚賴人口居住地點的相關記錄而來，所以當年以熱鬧的玉里鎮最為完整，地表破裂由鎮上的圓環一路通到玉里小學(圖2左圖)。而本次的池上地震也在相近位置找到類似的破壞(圖2右圖)，從玉里鎮一路向南還可在樂樂溪旁西瓜田中看到公尺級的地表破裂(也就是地質學界最近爭論的中央山脈斷層或是玉里斷層)。西瓜田之外，在綠油油齊高稻海的幫助下，很容易找到斷層造成的高低差(圖3)。



圖2 左圖：玉里國小北邊操場由小礫石所排成的邊線，受玉里地震影響向北左移動16公分(Bonilla,1975)。右圖：本次池上地震在玉里國小舊址人行道圍牆產生約10公分等級左移現象。

20年前的調查工作，除玉里鎮外，只有這次校舍倒塌的春日國小附近有一些證據。筆者抵達春日國小後，第一個念頭是尋找鍋蓋標的位置(圖4上圖)。因為當年在開發的農田中，有看到數個奇特土堆隆起，當時下意識將它們與斷層聯想在一起。而本次池上地震所造成的地表破裂，居然真的與筆者先前的研究調查重疊在一起(圖5)。20年前所繪製長約24公里的玉里斷層，其實只有不到10公里的範圍有找到零星證據支持。主要原因是



圖3 崙天大橋西側所找到疑似中央山脈斷層造成約半公尺的地表抬升。

斷層可能通過的地方有一半以上在秀姑巒溪的河床之中(舊照片中也有河床破裂，但無法確定位置)。本次池上地震橋樑受損的部分原因，除老舊外，也有受到斷層通過的影響。所以當相關單位調查報告指出池上地震絕大部分的地表破壞，是沿著已經公布的已知斷層線位置，讓我非常驚訝。

這次的舊地重訪，也讓筆者重新檢視了年輕時的歷史地震調查工作，昔日回憶一股腦湧上心頭。就像一百多年前美國的G. K. Gilbert在調查1906年舊金山大地震時，除了記錄了許多珍貴的黑白照片外，也將自己難掩的激動之情寫進調查報告之中，因為鮮少有活動斷層研究者可以驗證自己的工作成果，世界上絕大多數活動斷層的周期是千年甚至上萬年的時間尺度(雖然對地質學者來說仍是非常短暫)。

而花東縱谷卻在短短不到百年時間內，在相同位置發生兩次以上的地表破裂(上一次是2018年花蓮地震的米崙斷層)，這不僅顯示出臺灣的板塊聚合作用有多麼快速、多麼劇烈，亦在告訴我們臺灣地震的頻繁與日常防災準備有多麼重要。



圖4 池上地震之前，在泰林至麻汝一帶所看到玉里斷層的活動地形證據(資料來源：筆者的碩士論文)。上圖：鍋蓋標為一近南北向的小丘，在整個河階面上相當明顯，為玉里斷層所形成之褶皺崖(向西攝)。下圖：埤尾195號縣道旁活動斷層所造成之構造小丘，可能的形成原因為走向斷層造成局部擠壓形成壓力脊(向西攝)。



圖5 上圖：玉里地震在松浦里田壩之斷裂，高側高起50公分，此斷層線長500公尺(向西攝，徐鐵良先生、林明聖博士提供)。下圖：本次池上地震在松浦地區所觀察到地表破裂(深綠色處)通過農田抬升約半公尺，並由水渠破壞觀察到斷層左移的現象。

(續第六版)板龍、呂勒龍(*Ruehleia*)與圖賓根龍(*Tuebingosaurus*)。近年在波蘭西里西亞的波倫巴(Łęczyca)對應地層也發現較原始的艾雷拉龍類與新獸腳類恐龍並存一時。到2.01億年前三疊紀結束，還有在英國南威爾斯出土的槽齒龍(*Thecodontosaurus*)、首龍(*Pendraig*)、卡米洛特龍(*Camelotia*)等蜥腳形恐龍，以及在法國諾曼

第發現的冠椎龍(*Lophostropheus*)與在瑞士發現的嵌齒盜龍(*Notatesseraeraptor*)等新獸腳類肉食性恐龍，後者的正模標本的胃含物還包含了一隻喙頭蜥的上頷骨碎片。

在晚三疊世的三千多萬年裡，恐龍雖然在物種多樣性與分布上逐漸擴張，但並不意味牠們比共存者有更多優勢。2008年古生物學家利用「形態變異度」(morphological disparity)分析主龍類主要分支的多樣性。此法是形態測量學(morphometrics)的一種運用，先將選取的形態特徵編碼，之後計算類群之間所有特徵的總體距離，再以多變量分析得到一個主成分分析圖，稱為「形態空間」(morphospace)。「形態空間」分布範圍越大，表示形態差異越大，間接反映生態/行為/棲位的多樣性越高。結果顯示為鱷類的形態空間比起恐龍大得多，但二者沒有重疊(圖5)。換句話說，兩者各有擅場，但為鱷類擅長的場合更多。

卡尼期的恐龍主要都是肉食或雜食性，幾乎沒有純植食的物種，而且多半能雙足站立或奔跑。到了諾瑞期，更偏向植食的蜥腳形恐龍登場，這也是恐龍演化史上一次形態變異度的大躍進(圖6)。由於牠們的長脖子和能雙足站立，可以取食高處的植物，因而開闢出新的生存之道。在三疊紀最後的兩千多萬年裡，植食性恐龍的多樣性和普遍性都超越肉食性恐龍，而且體型逐漸變大。原本優勢的大型植食動物：合弓類二齒獸，也在諾瑞期/瑞替期交替時式微，角色被大型的植食性恐龍取代。再經過幾百萬年，另一次大滅絕將把主龍門帶上意料外的演化之路，蜥腳形恐龍將稱霸侏羅紀世界。(待續)

*2015年發表的碎片迷龍(*Lepidus praecisio*)出土自德州西部的達肯組(Dockum Formation)下部地層。雖然該處地層尚未被精確定年，但推測屬於奧蒂斯白堊動物相(Otischalkian Fauna)，地質年代早於亞利桑那州出土的坎普龍所屬的阿達曼動物相(見419期連載七)，時間不晚於2.23億年前。

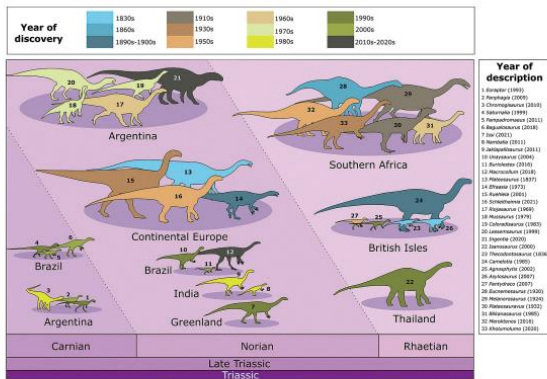


圖6 晚三疊世各大陸各地的蜥腳形類恐龍的多樣性。上列的顏色對應牠們被發現的年代，右欄則是對應的屬名與發表年代。所列33屬中有19屬是在21世紀被命名，6屬於1980-90年代，但超過半數立屬所用的標本是在1960年代之前被發現的。部分屬名被認為是同物異名或疑名(nomen dubium)(Fernández & Wurnberg 2022/ Vertebrate Zoology CC)。