

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 地球與行星科學科

佳作

051904

面面俱到-利用震源分布建立斷層面

學校名稱：高雄市立新莊高級中學

作者： 高二 阮子曦 高二 蔡語婕 高二 郭庭聿	指導老師： 林佳賢 黃志豪
---	-----------------------------

關鍵詞：斷層、花東縱谷、震源

摘要

為了降低鑽探所耗費的資源和資金，我們開始思考如何運用低成本的方式去呈現地底下的世界，發現可透過地震震源迴歸出板塊隱沒帶，萌生出運用地震震源計算斷層平面的方法，因此我們用「2018/02/08 吉安地震」、「2022/09/17 關山地震」、「2022/09/18 池上地震」、「2022/09/18 富里地震」、「2022/06/25 光復地震」、「2018/02/06 花蓮地震」這六個地震為參考資料，並且使用 Python-sklearn 中的 LinearRegression 函數建立線性迴歸模型且使用 fit 函數對模型進行訓練，最後用 3D 列印的方式呈現出花東縱谷與中央山脈斷層的差異，可發現兩斷層皆為南北走向，花東縱谷斷層的角度為 68-54 度，且由北到南傾斜角度漸漸趨緩，但皆為東傾，而中央山脈斷層則為西傾，角度皆在 60 度左右。

前言

一、研究動機

世界上有 90% 的地震位於環太平洋地震帶上，我們所在的台灣也位處於該地震帶，有許多已知和未知的斷層，導致地震次數頻繁。若是利用鑽探的方式找出斷層面既需要龐大資金和資源，又會破壞自然環境。但找出斷層分布位置對於人類活動的安全是必要的，因此在擁有多筆地震資料以及了解了斷層錯動導致地震的原理後，萌生出了利用地震活動資料來還原斷層的想法。

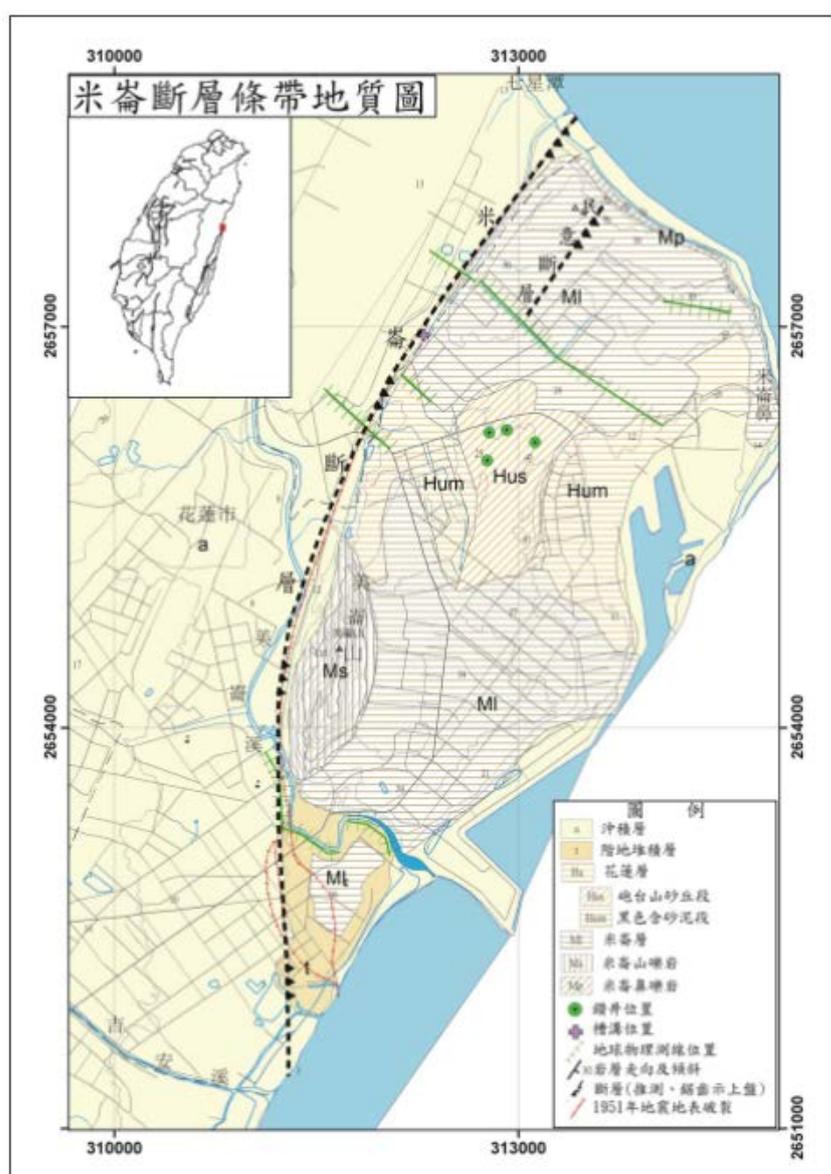
二、研究目的

- (一) 利用震源計算出斷層的回歸平面並 3D 列印出模型
- (二) 比較中央山脈斷層及花東縱谷斷層的差異

三、文獻回顧

(一)、米崙斷層

米崙斷層為逆衝斷層兼具左移分量，呈北偏東 30 度走向，斷層面傾角約為 60-70 度。(林明聖, 2009)，由花蓮縣七星潭海岸向南延伸至花蓮市美崙山西南側，長約 8 公里 (Hsu, 1956)。米崙斷層位於花蓮市東方，網北京新城與花蓮市邊界，並繼續延伸至外海(台灣地震模型 TEM 2022, 2017)。而米崙斷層與東部嶺頂斷層、瑞穗斷層及池上斷層其深部可能為相連的斷層帶，亦即分隔菲律賓海板塊和歐亞板塊的縫合構造。(活動斷層近地表變形特性研究, 2014)

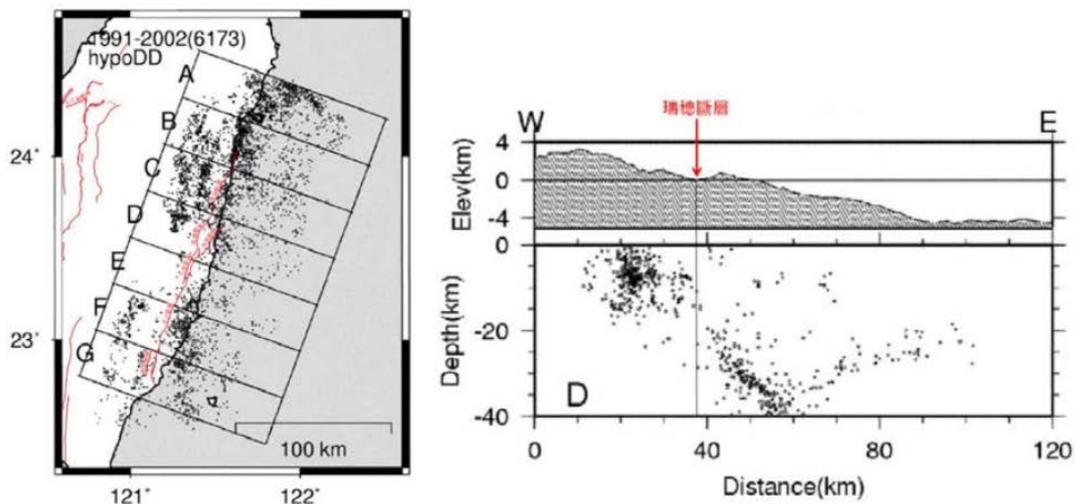


▲圖 1-1 米崙斷層條帶地質圖。(經濟部地震調查所特刊第二十三號)

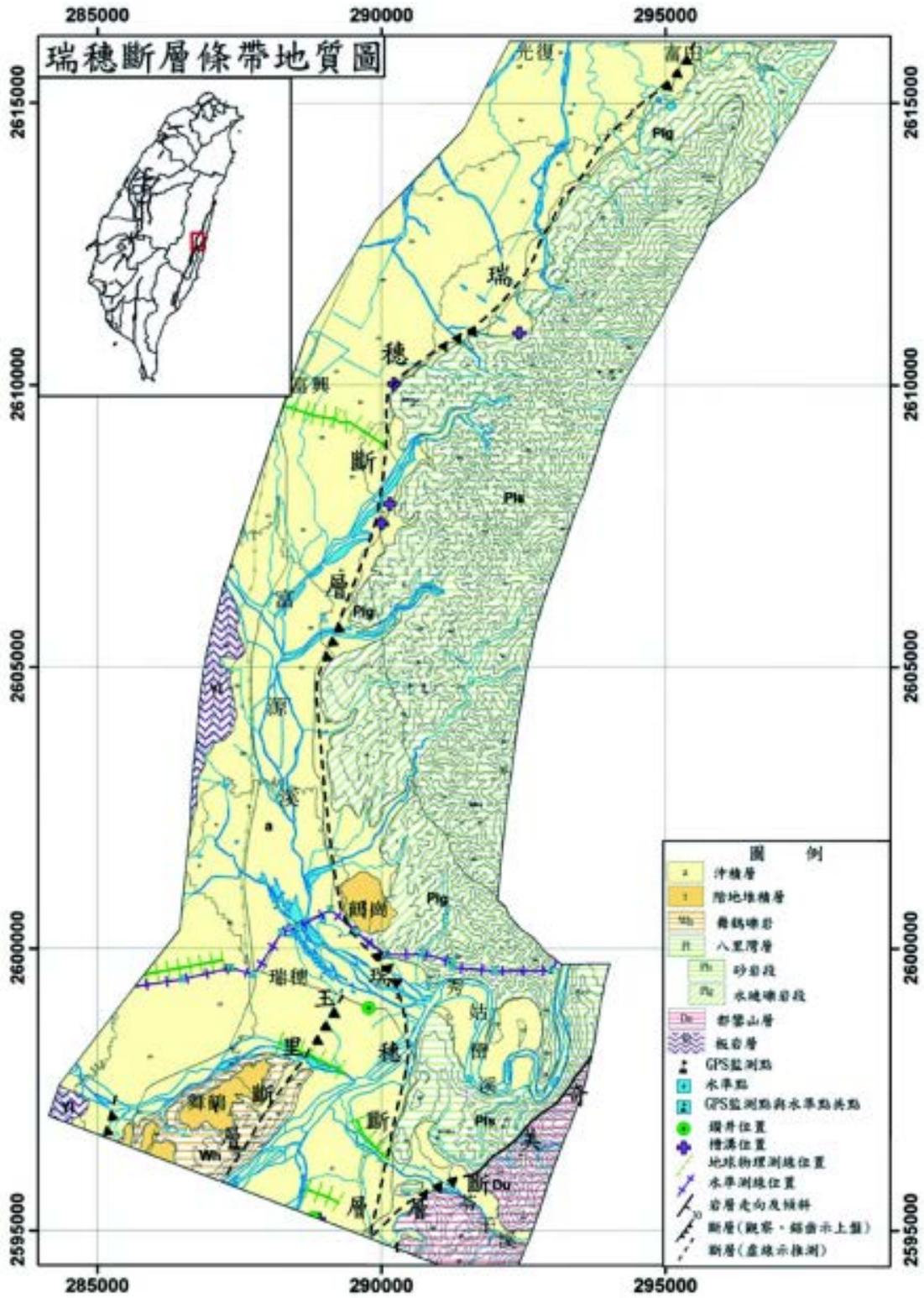
(三)瑞穗斷層

在斷層的幾何形貌上，重新定位之 1991-2002 地震分布與臺灣速度剖面 (Kuochen et al., 2004, 2012) 結果顯示瑞穗斷層地震分布主要集中在地下約 30 公里，斷層面在淺層傾角較高 (< 25 km)，約為 60-70 度，深度 25-40 公里傾角為 45 度，越接近地表斷層角度越陡。

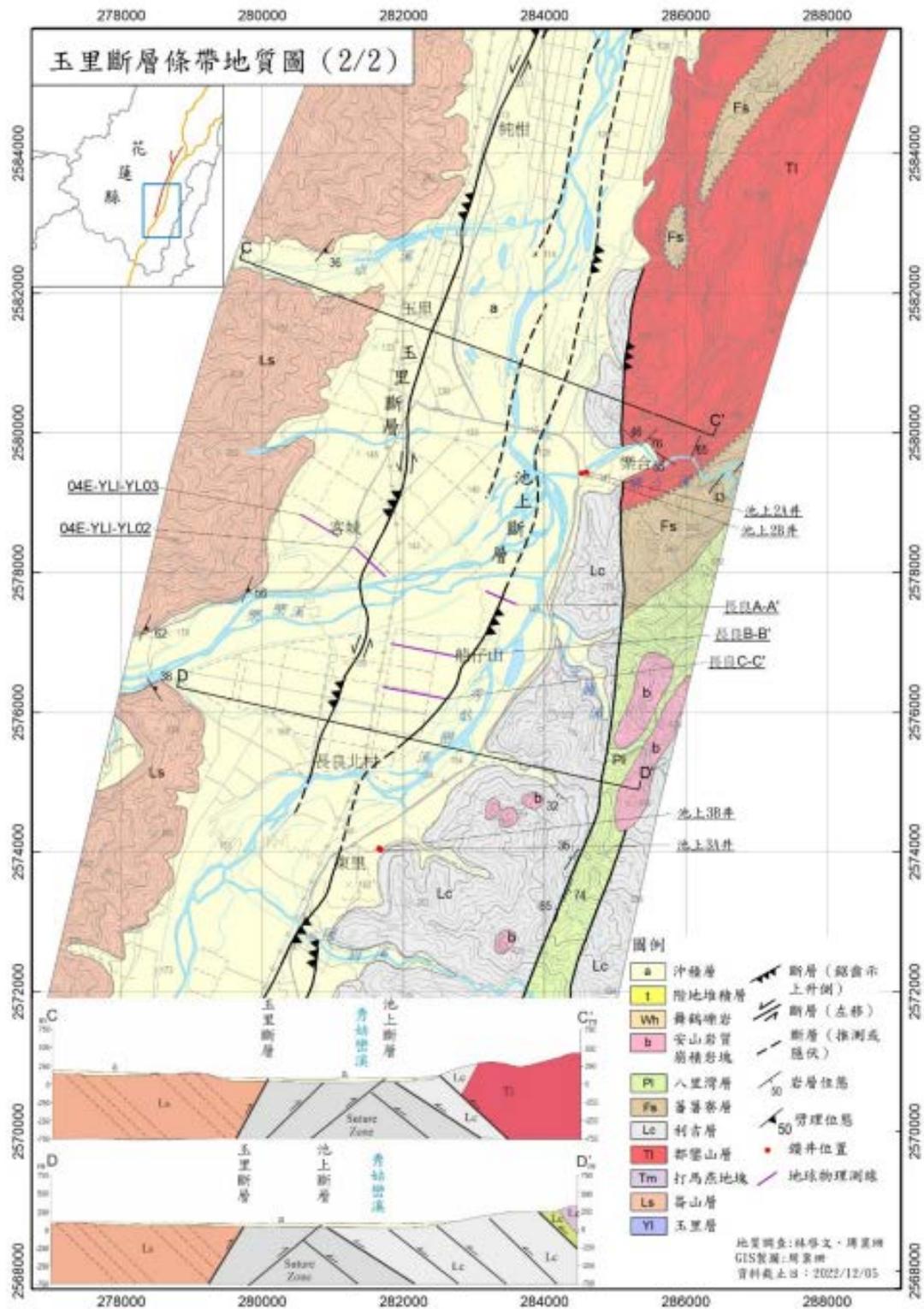
從 GPS 資料來看，在跨瑞穗斷層的地質剖面中，以中央山脈為基準，瑞穗斷層上盤的水平速率從海岸邊向西逐漸遞減，其縮短率約為 23.6 ± 3.0 mm/yr，而在跨越斷層下盤之一分支斷層則減少 12.8 ± 2.0 mm/yr，整個地表的水平變形廣泛地分布在 20 公里寬的海岸山脈範圍內(圖 4-5)。而從 GPS 與古地震結果分析，瑞穗斷層的變形特性與南邊的池上斷層有明顯的不同，瑞穗斷層的結果顯示其在淺部可能鎖定，能量持續累積，一次性地釋放能量，在地表會形成較顯著的垂直變位 (Chen et al., 2007)。



▲圖 1-3 活動斷層地質敏感區劃定計畫書-瑞穗斷層 (Kuochen et al., 2012)



▲圖 1-4 瑞穗斷層條帶地質圖。(活動斷層地質敏感區劃定計畫書)

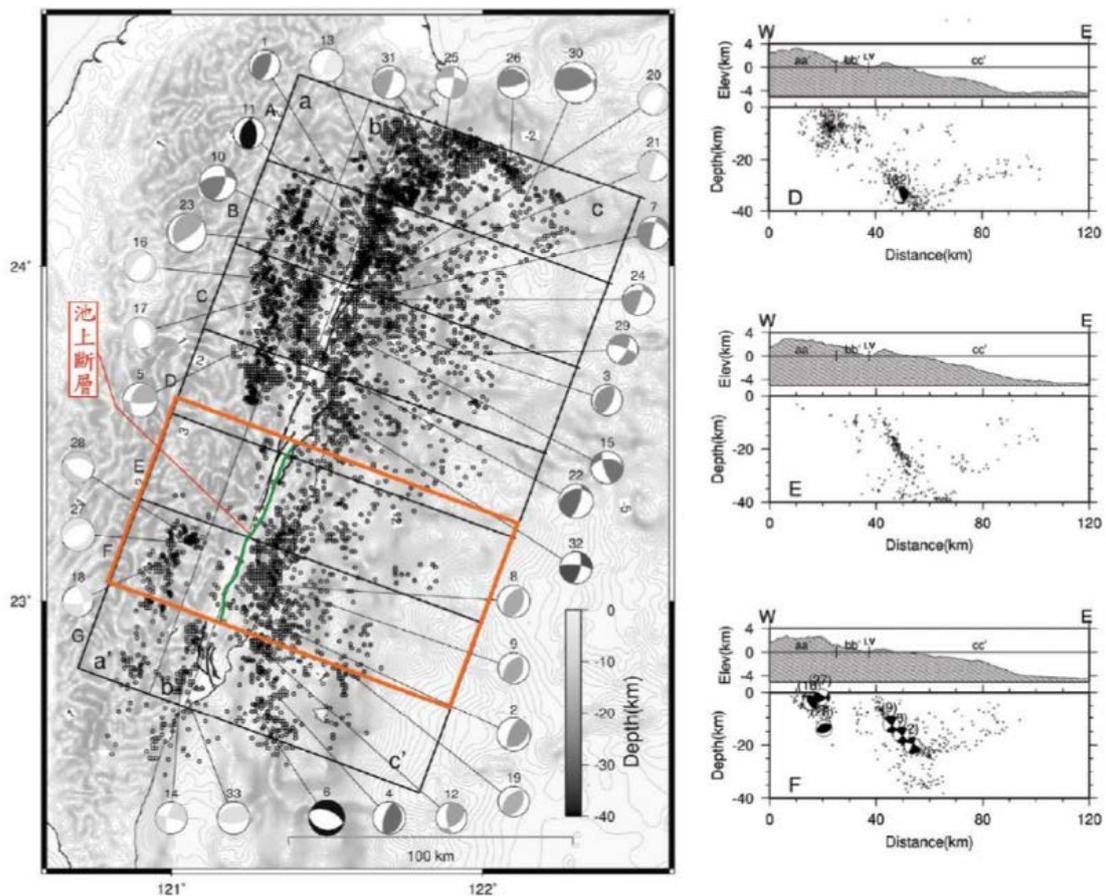


▲圖 1-6 玉里斷層條帶地質圖。(玉里斷層-經濟部中央地質調查所)

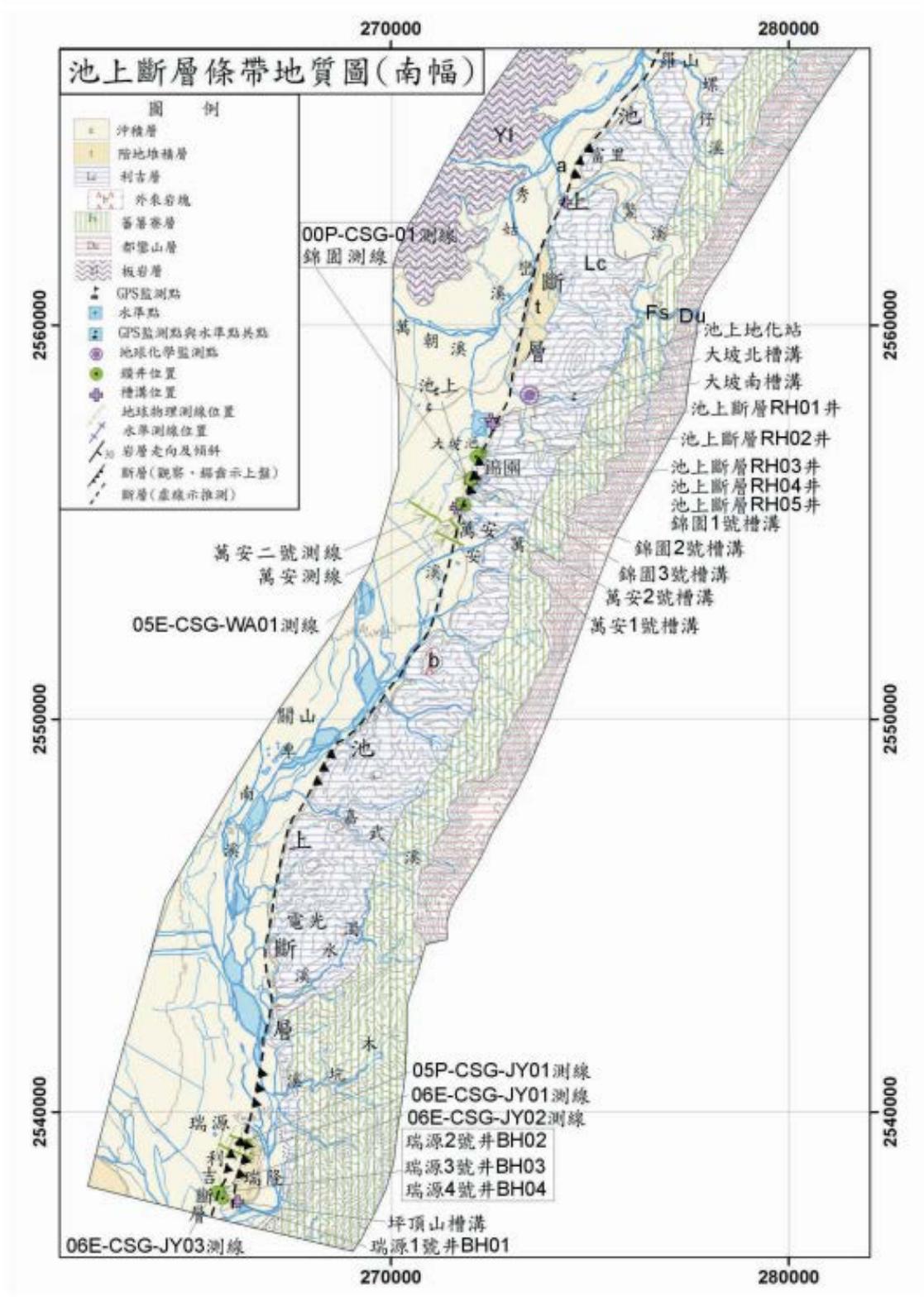
(五)、池上斷層

池上斷層為逆斷層兼具左移分量，約呈北北東走向，長約 67 公里，且斷層面位態為 $N20^{\circ}E/60^{\circ}E$ 。(經濟部中央地質調查特刊，2010)

池上斷層活動斷層地質敏感區位於臺灣東部，北起花蓮縣玉里鎮春日里，南迄臺東縣鹿野鄉瑞隆村，主線全長約 67 公里，由北而南依序通過花東縱谷平原中的秀姑巒溪與卑南大溪流域等主要河流之流域。池上斷層活動斷層地質敏感區之位置分布於花蓮縣玉里鎮、富里鄉；臺東縣池上鄉、關山鎮、鹿野鄉等 2 個縣市，5 處行政區之中。



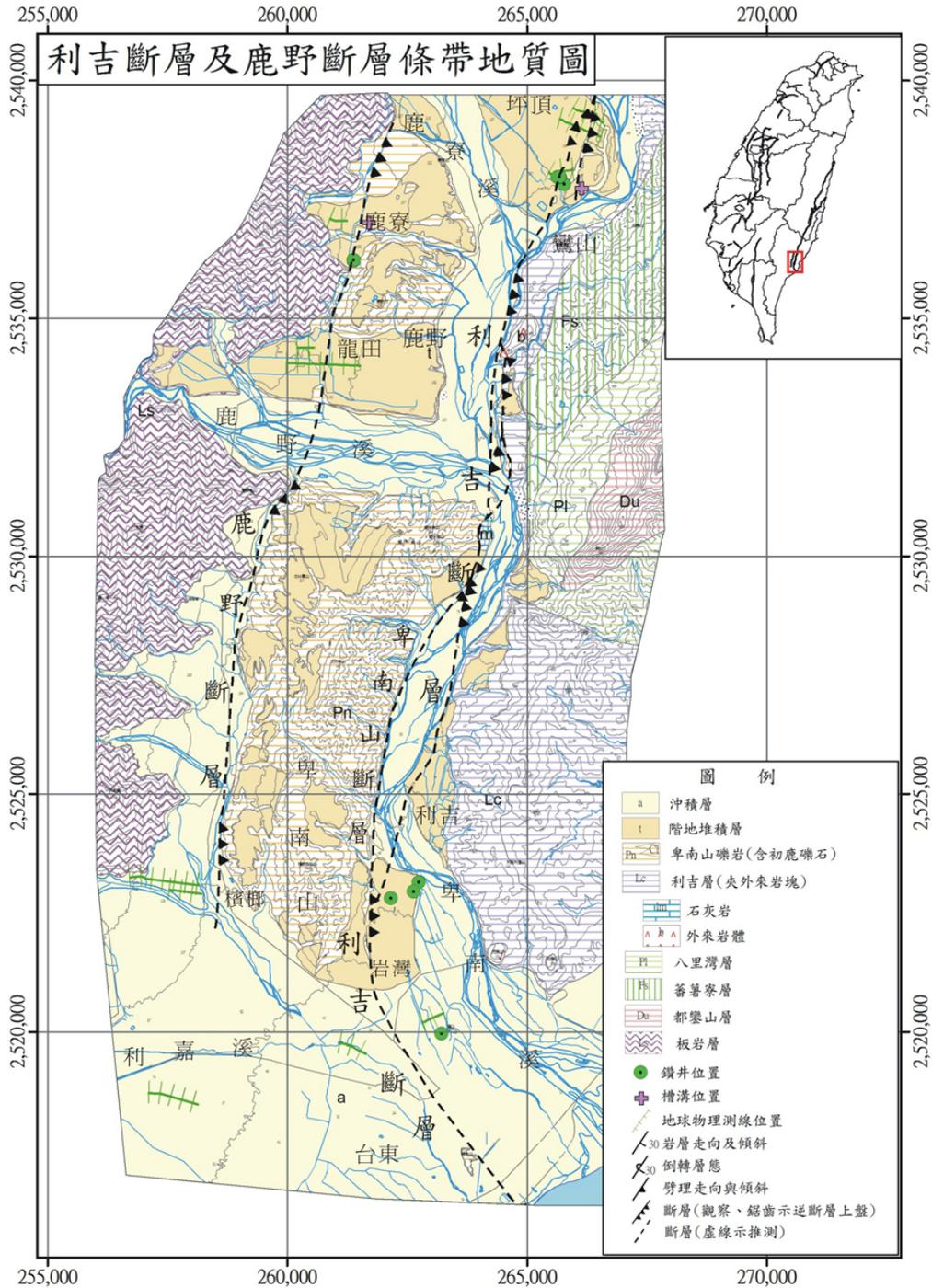
▲圖 1-7 1991~2002 年間臺灣東部地震規模(ML)大於 3 的地震事件的震央及 $ML \geq 5$ 的震源機制解分布位置與剖面圖。(pingshan, 2014)



▲圖 1-8 池上斷層條帶地質圖(南幅)。(經濟部地震調查所特刊第二十三號)

(六)鹿野斷層

鹿野斷層北起台東鹿野，往南經台東延平鄉至卑南鄉，大致呈東北走向，全長約 19.6 公里，為向西逆衝之逆斷層，斷層在近地表的傾角為 35 - 55 度。(臺灣地震模型 TEM 2020，2020)

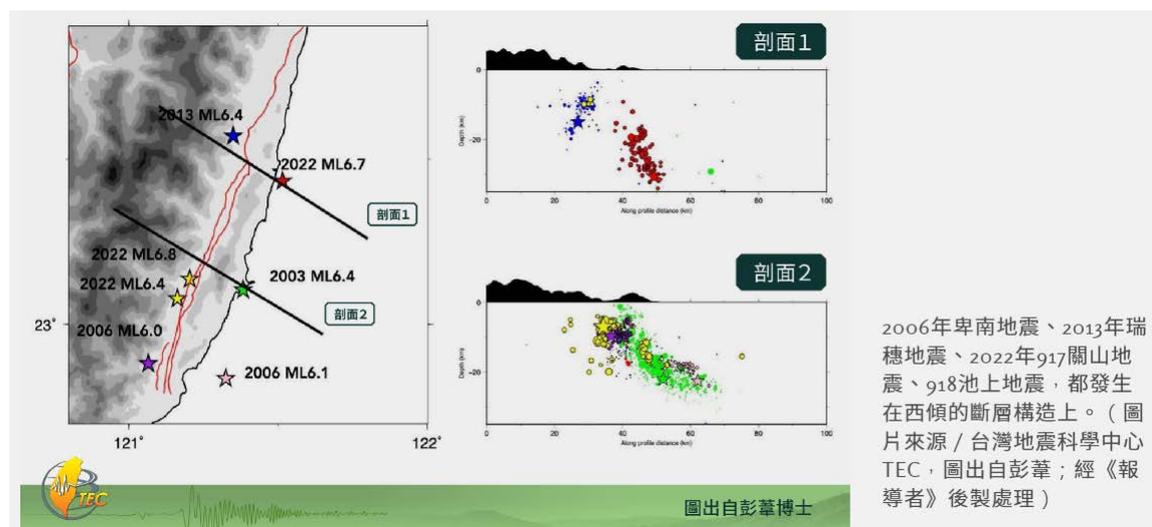


▲圖 1-9 鹿野斷層條帶地質圖。(經濟部地震調查所特刊第二十三號)

(七)、中央山脈斷層

中正大學地球與環境科學系教授溫怡瑛及台灣地震科學中心教育推廣委員會團隊，在9月18日傍晚發布了關山地震的解析報告。她接受《報導者》訪問時指出，綜合震源機制解、震度與餘震分布判斷，「這次錯動斷層具高角度西傾（60~70度）、南北走向發展(N10°E)等特徵，是中央山脈斷層的機率非常高。後來2013年的瑞穗地震，中研院地球所研究員李憲忠曾做地震波模擬，也發現地震發生在西傾的破裂面上，往北愈來愈深，往南則愈來愈淺、似乎有破到地表跡象，「中央山脈斷層」可能長達100~300公里。徐浩德團隊到舞鶴台地南邊三民國小附近，的確找到地表小小的破裂痕跡，「李憲忠老師的地震模擬，和我們地表的一些觀察，其實是可以對起來，某種程度也算是支持我們當時的想法」。(柯皓翔、嚴文廷 2022)

中央山脈構造南起台東市，往北經台東縣卑南、延平、鹿野、關山、池上、花蓮縣富里、卓溪、玉里至瑞穗，大致呈東北走向，全長約86.2公里，為向東逆衝之逆斷層。構造西側為中央山脈，北有舞鶴台地，南部鹿野溪溪口有鹿野高臺及初鹿台地，斷層西側為縱谷平原。構造西側岩層主要為崙山層，北有舞鶴礫岩，南有卑南山礫岩，構造東側岩層則為沖積層。(臺灣地震模型 TEM, 2020)

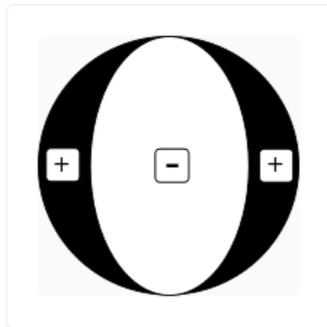


▲圖 1-10(百年震盪——斷層下的台灣啟示錄，2022)

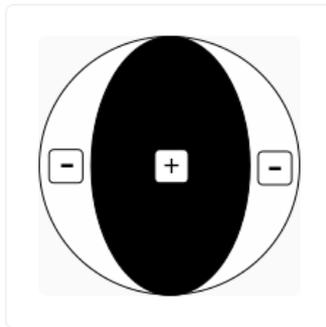
(八)、震源機制解的「沙灘球」

運用震源機制解中的「沙灘球」(beach ball)圖示可以很方便地把震源機制解的各參數表示出來。(維基百科)

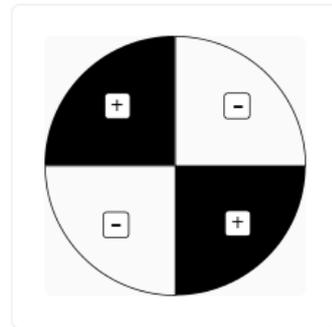
在每次的地震都會有一個沙灘球，而我們運用數學計算斷層迴歸平面的意義是將所有的地震資料蒐集起來，並且迴歸出近乎完美的斷層面，也可知道斷層面的範圍等等不僅僅能由沙灘球得知的資訊。



正斷層地震的震源機制解



逆斷層地震的震源機制解



走滑斷層地震的震源機制解

▲圖 1-11 震源機制解的「沙灘球」圖示(維基百科)

貳、研究設備及器材

一、中央氣象局地震測報中心

利用此網站查找、蒐集區域的地震資料，為了避免地震斷層的傾斜角、斜面高度隨時間有所落差，而使用 2010 年以後的資料作為參考依據。

二、繪圖軟體與編輯工具

(一)、Microsoft excel：整理數據

(二)、Microsoft word：編輯文件

(三)、Jupyter python：計算回歸平面、繪製三維模型

(四)、Tinkercad：3D 列印繪圖軟體

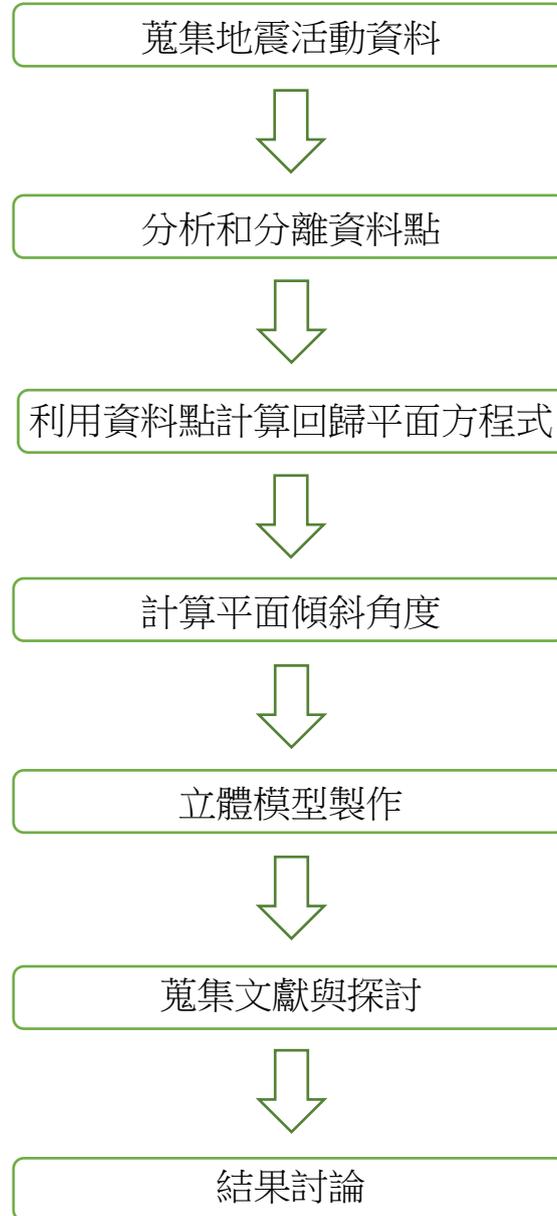
(五)、Flux Delta+：3D 列印硬體設備

(六)、UltMaker Cure：3D 列印繪圖軟體

(七)、INFINITY3DPX1 Basic：3D 列印硬體設備

(八)、Google Map：定位及確認斷層的所在位置

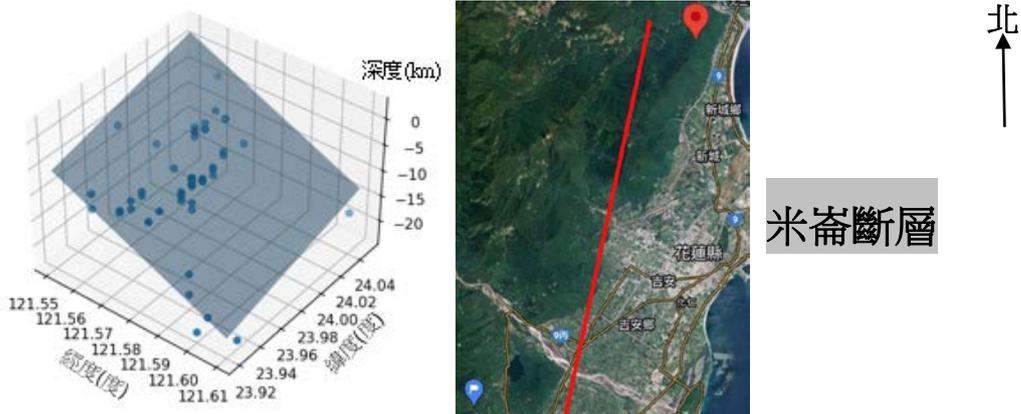
參、研究過程或方法



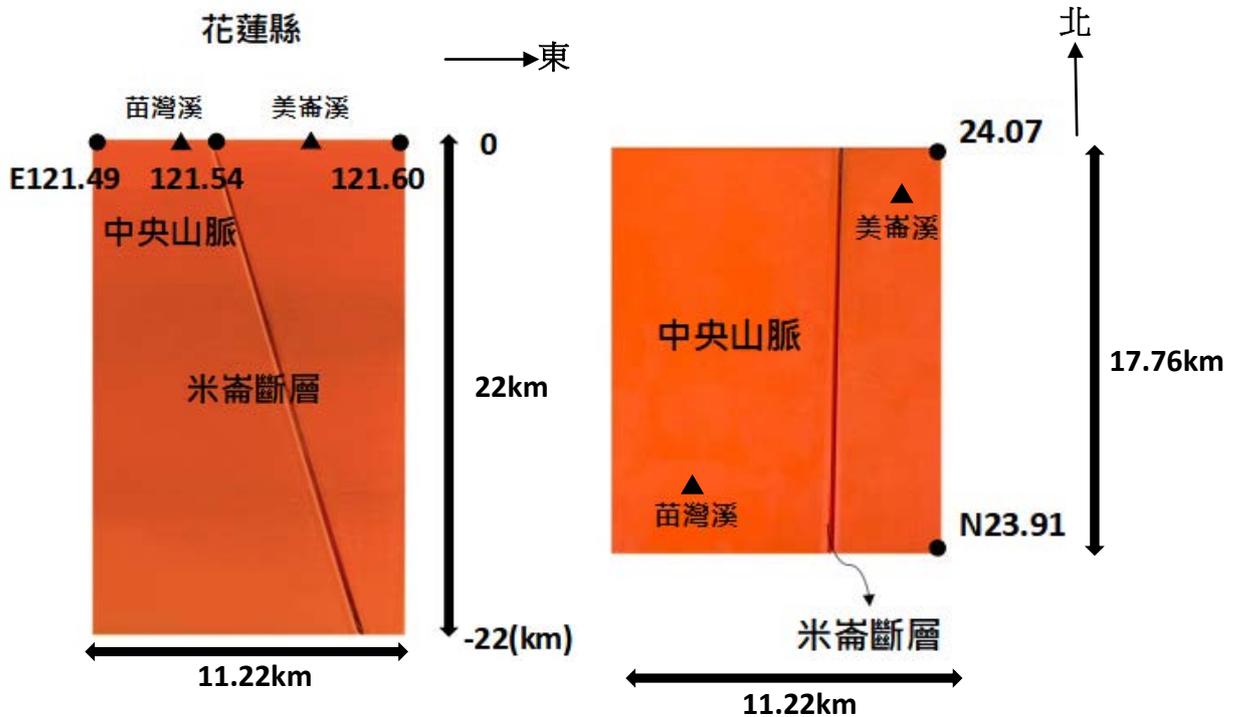
肆、研究結果

一、米崙斷層

我們以 2018/02/08 8:54 北緯 23.97 ° 東經 121.58 ° 的地震為中心取前後三個月、方圓 10 公里內的地震資料去計算，計算結果米崙斷層的平面方程式為 $Z = 29788.89 + -2.51X + 0.52Y$ ，為東傾 68.69 度。



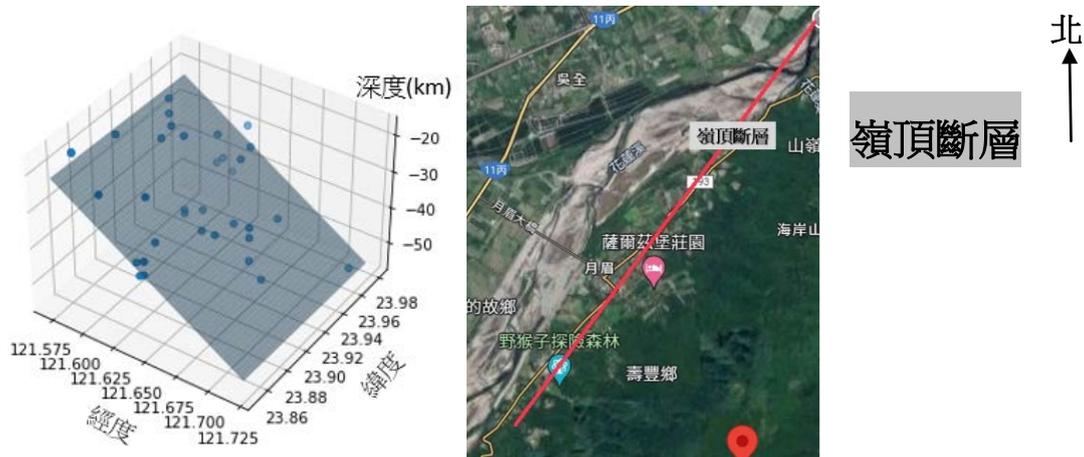
▲圖 4-1 米崙斷層迴歸平面 ▲圖 4-2 米崙斷層地理位置



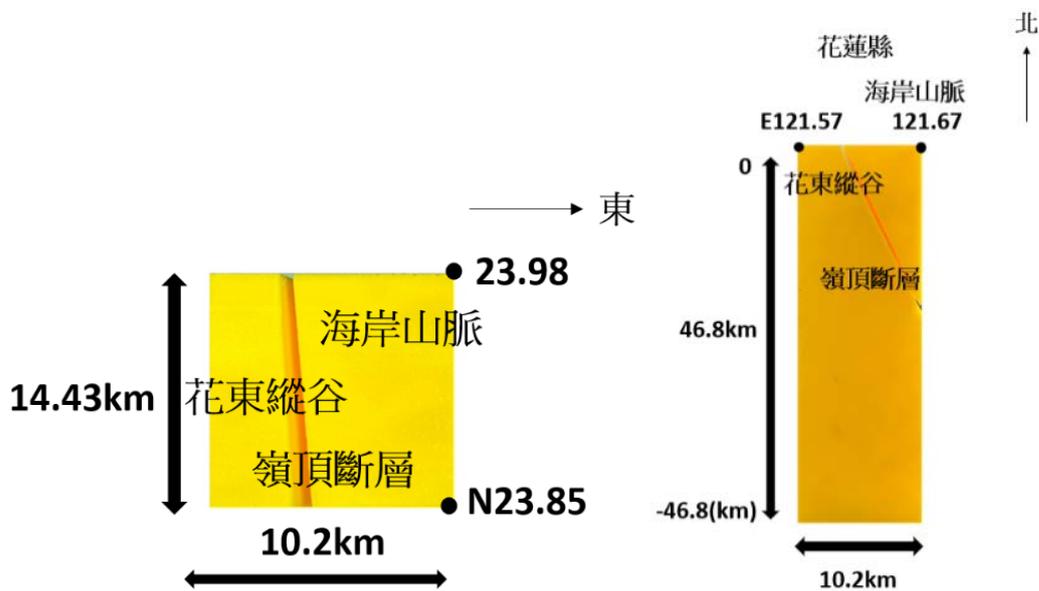
▲圖 4-3 米崙斷層 3D 模型的剖面圖 ▲圖 4-4 米崙斷層 3D 模型的俯視圖

二、嶺頂斷層

我們以 2018/02/06 的花蓮地震去計算斷層的迴歸平面，計算出嶺頂斷層的迴歸平面方程式為 $Z=26692.14+ -2.14X+ -0.07Y$ ，傾角為東傾 64.97 度。



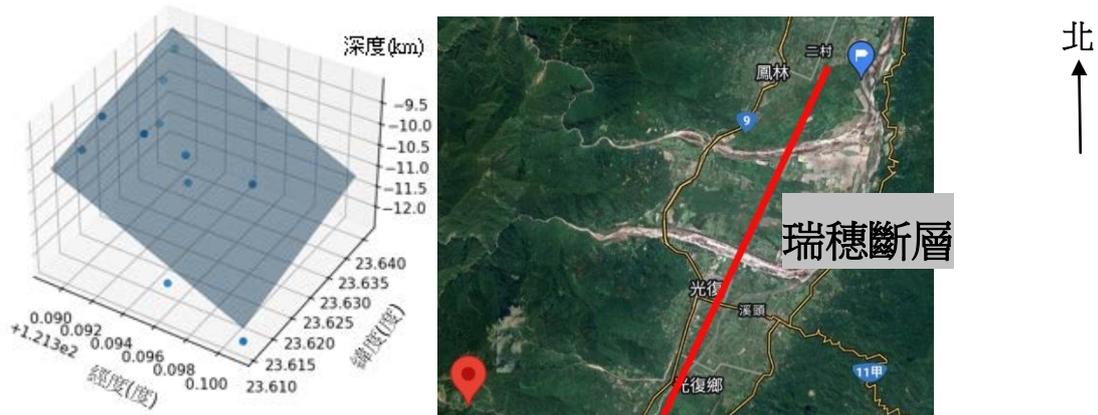
▲圖 4-5 嶺頂斷層的迴歸平面 ▲圖 4-6 嶺頂斷層地理位置



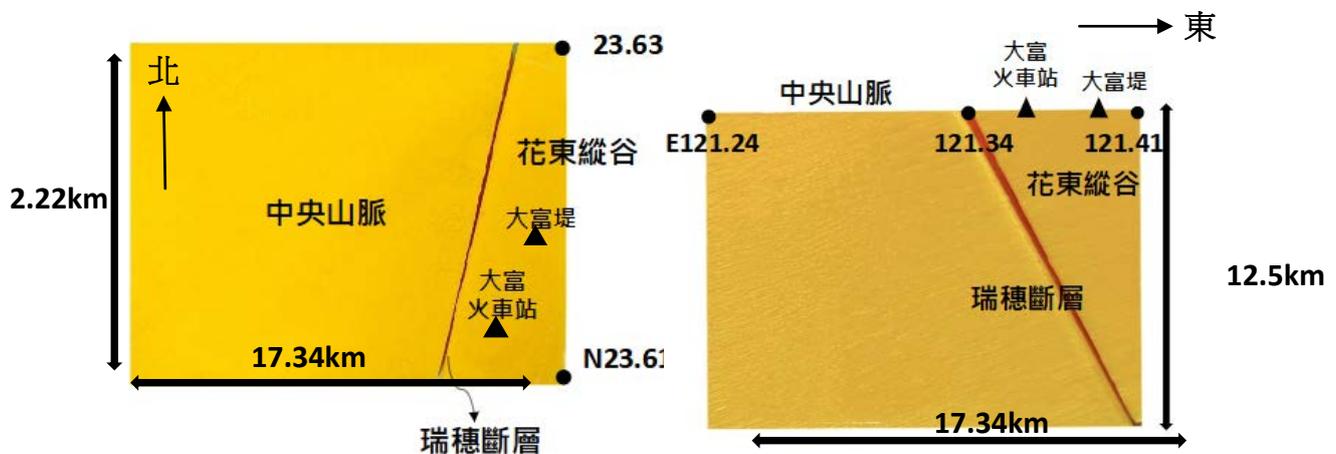
▲圖 4-7 嶺頂斷層 3D 模型的俯視圖 ▲圖 4-8 嶺頂斷層 3D 模型的剖面圖

三、瑞穗斷層

我們以 2022/06/25 10:27 北緯 23.64 ° 東經 121.4 ° 的地震為中心取 6 月 24、25、26 日三日、方圓 10 公里的地震資料去計算，計算結果瑞穗斷層的平面方程式為 $Z = 19519.07 + -1.63X + 0.25Y$ ，為東傾 58.77 度。



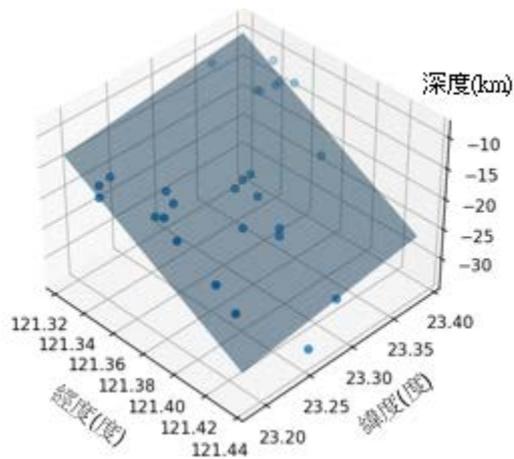
▲圖 4-9 瑞穗斷層的迴歸平面▲圖 4-10 瑞穗斷層地理位置



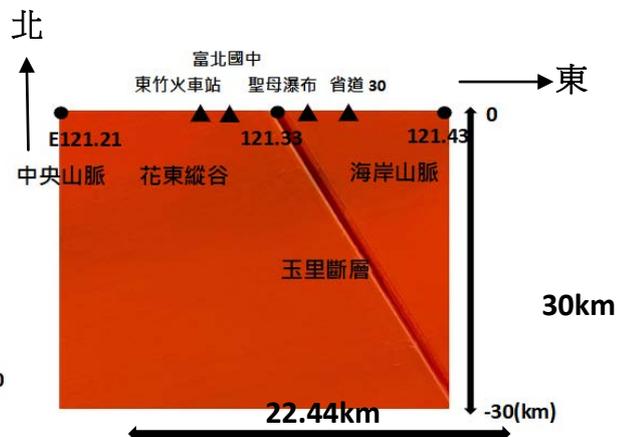
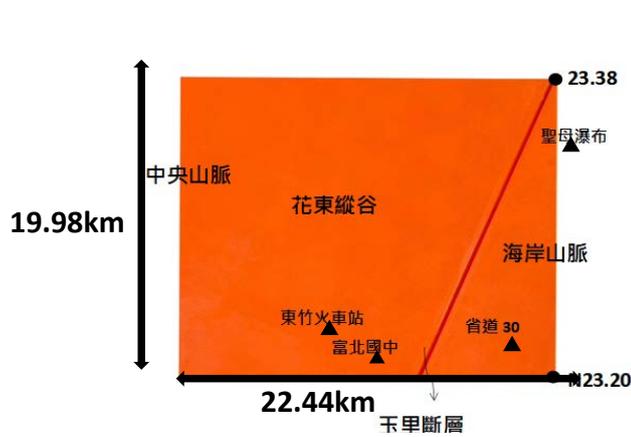
▲圖 4-11 瑞穗斷層 3D 模型的俯視圖▲圖 4-12 瑞穗斷層 3D 模型的剖面圖

四、玉里斷層

我們以 2022/09/18 17:39 北緯 23.27 ° 東經 121.3 ° 的地震為中心取前後三個月、方圓 15 公里的地震資料去計算，計算結果玉里斷層的平面方程式為 $Z = 17912.85 + -1.48X + 0.17Y$ ，為東傾 56.13 度。



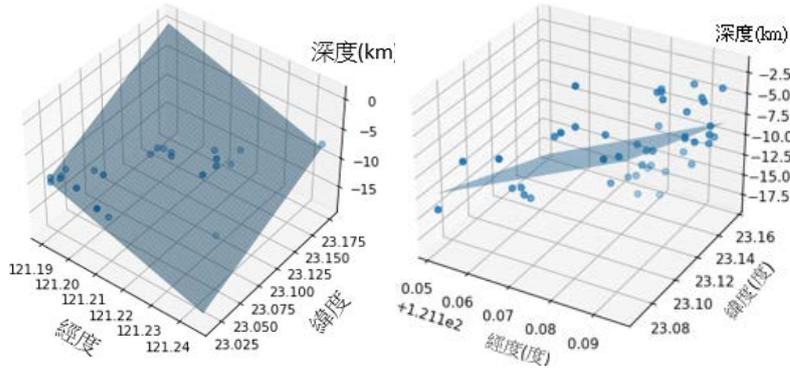
▲圖 4-13 玉里斷層的迴歸平面▲圖 4-14 玉里斷層地理位置



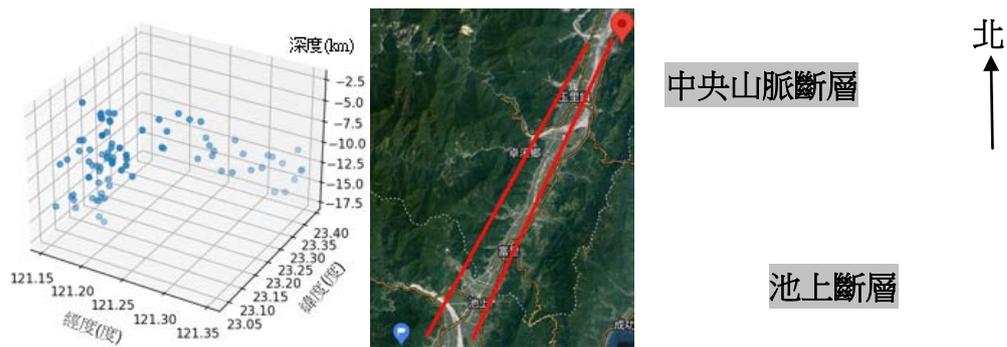
▲圖 4-15 玉里斷層模型的俯視圖▲圖 4-16 玉里斷層模型的剖面圖

五、池上斷層及中央山脈斷層

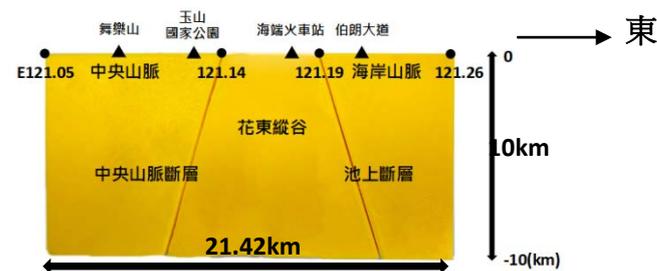
從 2022/09/17、2022/09/18 關山及池上地震中去計算兩斷層的回歸平面，計算結果中央山脈斷層平面方程式為： $Z = -26688.59 + 2.29X + -0.64Y$ ，西傾 67.19 度，池上斷層平面方程式為： $Z = 17412.15 + -1.53X + 0.59Y$ ，東傾 58.62 度。



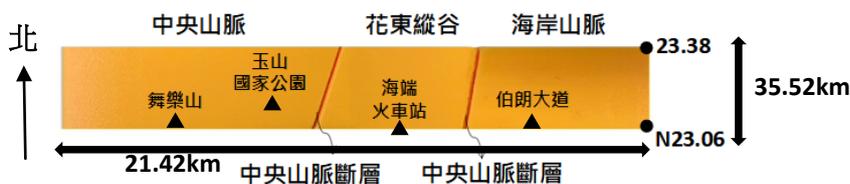
▲圖 4-17 池上斷層迴歸平面 ▲圖 4-18 中央山脈斷層迴歸平面



▲圖 4-19 關山區地震活動散點圖 ▲圖 4-20 池上、中央山脈斷層地理位置



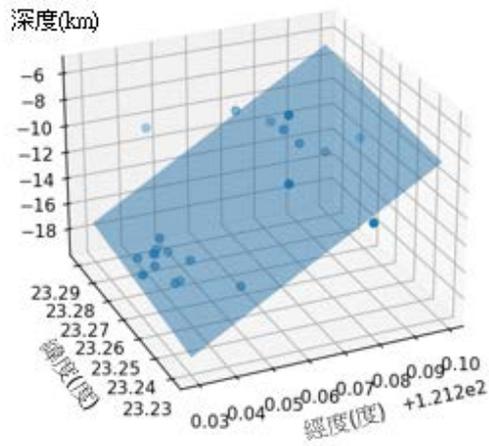
▲圖 4-21 中央山脈及池上斷層模型的剖面圖



▲圖 4-22 中央山脈及池上斷層模型的俯視圖

七、中央山脈斷層(玉里段)

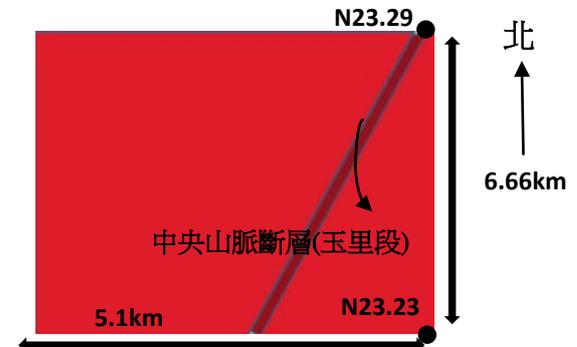
我們以 2022/09/18 17:39 北緯 23.27 ° 東經 121.3 ° 的地震群去計算，計算結果中央山脈斷層(玉里段)的平面方程式為 $Z = -19121.87 + 1.50X + 0.22Y$ ，為西傾 56.59 度。



▲圖 4-27 中央山脈斷層迴歸平面 ▲圖 4-28 中央山脈斷層地理位置



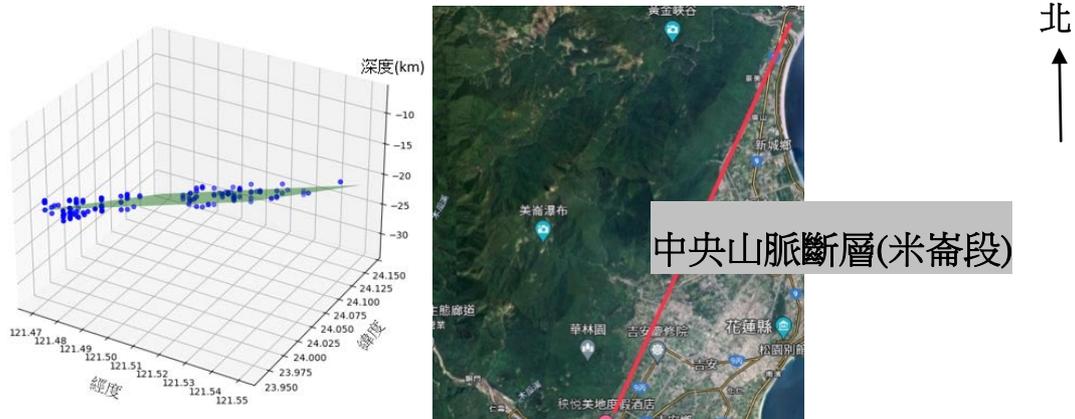
▲圖 4-29 中央山脈斷層模型剖面圖



▲圖 4-30 中央山脈斷層模型俯視圖

八、中央山脈斷層(米崙段)

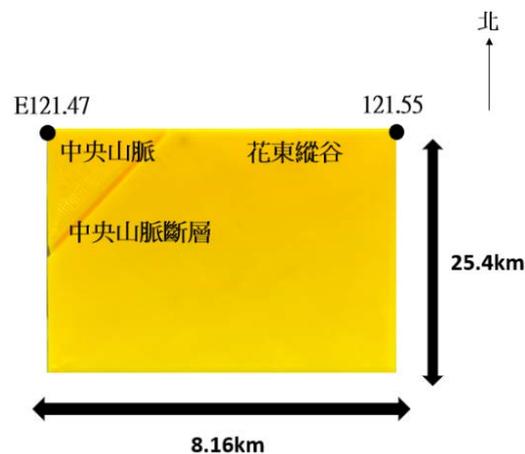
我們以 2018/02/06 的花蓮地震去計算斷層的迴歸平面，發現該區域西側有一西傾的斷層，經過計算該斷層的迴歸平面方程式為 $Z = -15093.26 + 1.35X + -0.63Y$ ，傾角為西傾 56.13 度。



▲圖 4-31 中央山脈斷層迴歸平面 ▲圖 4-32 中央山脈斷層地理位置



▲圖 4-33 中央山脈斷層模型剖面圖



▲圖 4-34 中央山脈斷層模型俯視圖

伍、討論

一、關山地震

發生於 2022/09/17 21:41 的關山地震及 2022/09/18 14:44 的池上地震造成多處停電、房屋倒塌等等的重大災害，中央氣象局原先以為是池上斷層錯動造成的影響，經過我們蒐集 2022 年 9 月的資料並繪製成模型後發現，該時段的地震活動資料分為兩個斷層，一個呈現 80 度西傾狀態，為中央山脈斷層，一個為東傾 65 度的池上斷層，但主震皆在中央山脈斷層上，由此可知關山地震及池上地震皆為中央山脈斷層錯動引發的地震，呼應了成功大學測量及空間資訊學系副教授景國恩的觀點：關山及池上兩地震皆為中央山脈斷層錯動所導致的災情。

二、地震模型與文獻資料的比對

(一)、米崙斷層

在「台灣大百科全書(2009)」裡提到米崙斷層面呈現高角度東傾，傾角為東傾 60-70 度之間，而我們做出的米崙斷層模型呈現東傾 69 度，符合文獻資料的記載。

(二)、嶺頂斷層

嶺頂斷層屬於第二類斷層，研究此斷層的文獻並不多，因此未找到嶺頂斷層傾角的相關文獻，但在「活動斷層近地表變形特性研究，2014」提到，米崙斷層、嶺頂斷層、瑞穗斷層、玉里斷層、池上斷層皆為同一條斷層的延伸，而位於嶺頂斷層北部的米崙斷層在文獻中是 60-70 度，位於嶺頂斷層南部的瑞穗斷層在文獻中為 60-70 度，而我們做出來的嶺頂斷層角度約為 65 度，因此推測此傾角是符合的。

(三)、瑞穗斷層

在「活動斷層地質敏感區劃定計畫書 F0014 瑞穗斷層(2016)」提到瑞穗斷層面在淺層傾角較高(< 25 km)，約為 60-70 度，深度 25-40 公里傾角為 45 度，而我們的瑞穗斷層淺層模型為東傾 59 度，符合文獻中所記載的。

(四)、玉里斷層

在「玉里斷層 - 經濟部中央地質調查所臺灣活動斷層分布(2022)」中提及玉里斷層的位態約為東傾 60-70 度，而我們做的模型玉里斷層是東傾 56 度，接近中央地質調查所的資料，但在「CTWANT-玉里斷層不存在？學術界錯了 70 年 台大學者：改為這名字比較合適(2022)」這篇報導中提出玉里斷層並非是東傾的花東縱谷斷層，而應歸為西傾的中央山脈斷層玉里段才較合適，因此推測我們取的資料實際上是位於玉里鎮附近的池上斷層(東傾 65 度)而非玉里斷層(西傾 50 度)。而後我們發現在玉里鎮南部有一群地震群，製成三維模型後呈現西傾 57 度，推測那便是中央山脈玉里段。

(五)、池上斷層

在「經濟部中央地質調查特刊(2010)」中提及池上斷層的傾斜角約為東傾 60 度，而我們做出的池上斷層模型呈現東傾 51 度，接近文獻所記載的資料。

(六)、鹿野斷層

在「臺灣地震模型 TEM 2020，2020」中提及鹿野斷層傾斜角約為 35-55 度之間，而我們計算出的鹿野斷層模型呈現東傾 54 度，符合文獻資料的記載。

(七)、中央山脈斷層

在「百年震盪——斷層下的台灣啟示錄(2022)」中提及中央山脈斷層為西傾 60~70 度，而我們做出的關山段是西傾 67 度，玉里段是西傾 57 度，米崙段是西傾 56 度，皆符合或接近文獻資料裡所記載的傾斜角。

而中央山脈斷層的範圍只公布了瑞穗到鹿野，並未公布米崙段，但我們在蒐集資料的過程發現米崙左側有一未知斷層，經過計算後為西傾約 56 度，與中央山脈斷層的傾斜角接近，且迴歸出來的平面也未在中央山脈斷層右側，因此我們推測該未知斷層應為中央山脈斷層的一部份。

陸、結論

一、 利用震源計算出斷層的回歸平面並 3D 列印出模型

在高中的地球科學裡學到利用地震震源去畫出板塊的隱沒帶，同理的我們運用地震震源計算出斷層的最適回歸平面，並且使用 Python-sklearn 中的 LinearRegression 類建立線性回歸模型，並使用 fit 函數對模型進行訓練，最終得出的模型皆符合或接近文獻中記載的資料，且無須過多的成本便可計算出斷層面，目前中央地質調查所未記載的中央山脈斷層輪廓也被成功列印出來，因此此研究方法是可行且在未來值得被運用的。

二、 比較中央山脈斷層及花東縱谷斷層的差異

由我們做出的五個斷層模型來觀察，可發現花東縱谷斷層：米崙斷層、瑞穗斷層、池上斷層皆呈現東傾狀態，而中央山脈斷層：關山段、玉里段皆呈現西傾狀態，此符合「百年震盪——斷層下的台灣啟示錄(2022)」裡提到的中央山脈斷層呈現西傾狀態，也符合「自由時報-花東外海強震 學者：縱谷斷層中段深部活動(2022)」中提及的花東縱谷斷層皆呈現東傾狀態。

柒、參考文獻資料

一、網站資料

- (一)、台灣大百科全書-米崙斷層，<https://nrch.culture.tw/twpedia.aspx?id=3283>
- (二)、臺灣地震模型 TEM 2020，<https://reurl.cc/vka9kk>
- (三)、百年震盪——斷層下的台灣啟示錄，<https://reurl.cc/o0Rj1j>
- (四)、地震地質與地變動潛勢分析計畫，<https://reurl.cc/Q4R84M>

二、文獻資料

- (一)、經濟部中央地質調查所特刊第二十三號-玉里斷層(2009)
- (二)、Alix(2016)，活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0014 瑞穗斷層
- (三)、Pingshan(2014)，活動斷層地質敏感區劃定計畫-F0002 池上斷層
- (四)、鹿野斷層. (2015). 經濟部活動斷層地質敏感區劃定計畫書.
- (五)、鹿野斷層. (2009). 經濟部中央地質調查所特刊, 第23號.
- (六)、張有毅, 李崇正, 林銘郎, 盧詩丁, 陳盈璇, 黃文昭, 黃文正, 粘為東, 詹佩臻, &劉桓吉. (2014). 活動斷層近地表變形特性研究.

【評語】 051904

本研究利用地震震源分布與回歸分析探討多個地震事件之斷層面的可能型態，具進一步分析與應用之價值。唯相關研究之文獻收集與探討須好好加強。參考文獻應依一搬之格式來書寫。文中用到的相關參數應有詳細之說明。擬合之斷層面是否有代表性可以進行誤差之分析，這是可以延伸之研究工作。

作品海報

An aerial photograph of a rural landscape, showing a mix of green fields, dense trees, and some buildings. The text is overlaid on the image.

面面俱到-

利用震源分布建立斷層面

摘要

為了降低鑽探耗費的資金，我們利用震源分布計算斷層面，以「2018/02/08吉安地震」、「2022/09/17關山地震」、「2022/09/18池上地震」、「2022/09/18富里地震」、「2022/06/25光復地震」、「2018/02/06花蓮地震」為研究資料，使用Python-sklearn中的LinearRegression建立線性迴歸模型且使用fit函數對模型進行訓練，最後呈現花東縱谷斷層東傾，中央山脈斷層西傾的差異。並用3D列印模擬兩斷層面的樣貌，並找出中央山脈斷層可能的位置。

壹、前言

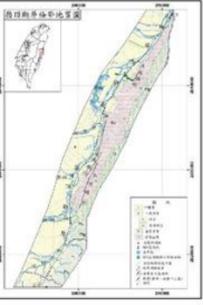
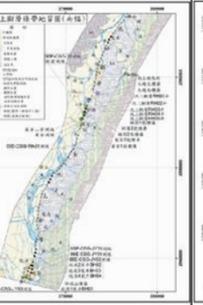
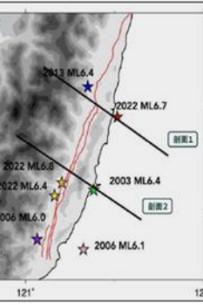
一、研究動機

2022年9月17、18號發生兩起地震，根據中央氣象局描述這兩地震皆由池上斷層所引起，但文獻記載此處有兩個斷層，分別為中央山脈斷層及池上斷層。在高中地球科學課程提到科學家利用震源找出板塊隱沒帶，也就是班尼奧夫帶，我們想利用此方法建立這兩個斷層的型態。

二、研究目的

- (一) 利用震源計算斷層面並利用3D列印建立斷層模型
- (二) 比較中央山脈斷層及花東縱谷斷層的差異

三、文獻回顧

斷層名稱	米崙斷層	嶺頂斷層	瑞穗斷層	玉里斷層	池上斷層	鹿野斷層	中央山脈斷層	
文獻紀錄	N30°E/ 60-70°E	N15°E/51°E	N20°E/ 60-70°E	N10-15°E/ 60-70°E	N10°E/50°W	N20°E/60°E	N0°/ 35-55°E	N10°E/ 60-70°W(關山) 50°W(玉里)
文獻斷層圖	米崙斷層文獻圖： 	嶺頂斷層文獻圖： 	瑞穗斷層文獻圖： 	玉里斷層東傾圖： 	玉里斷層西傾圖： 	池上斷層文獻圖： 	鹿野斷層文獻圖： 	中央山脈斷層文獻圖： 
文獻來源	·經濟部地震調查所特刊第二十三號(2017) ·台灣大百科全書(2009)	經濟部地震調查所特刊第二十三號(2010)	活動斷層地質敏感區劃定計畫書 F0014瑞穗斷層(2016)	玉里斷層 -經濟部中央地質調查所臺灣活動斷層分布(2022)	經濟部中央地質調查特刊(2010)	·經濟部地震調查所特刊第二十三號(2010) ·臺灣地震模型TEM(2020)	·斷層下的台灣啟示錄(2022) ·CTWANT-玉里斷層不存在?(2022)	

貳、研究設備及器材

一、中央氣象局地震測報中心：

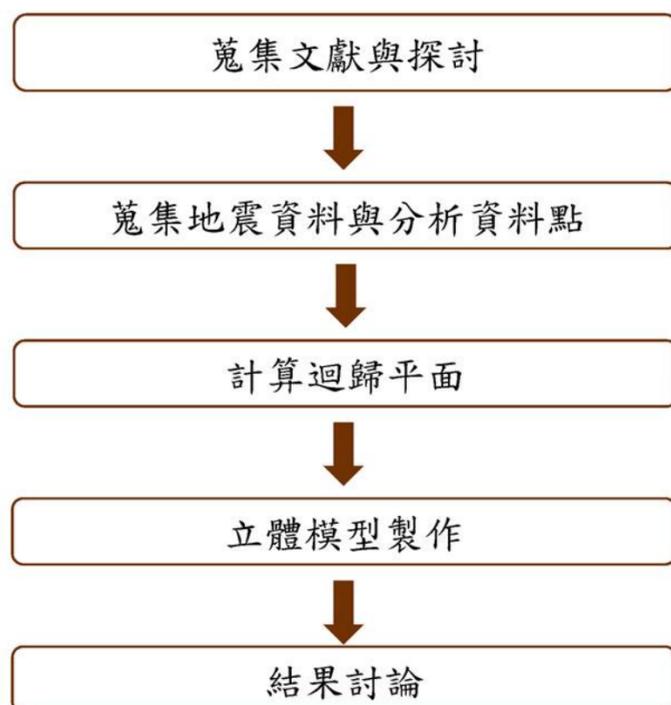
蒐集以下六個地震資料進行分析

- 「2018/02/08吉安地震」
- 「2022/09/17關山地震」
- 「2022/09/18池上地震」
- 「2022/09/18富里地震」
- 「2022/06/25光復地震」
- 「2018/02/06花蓮地震」

二、繪圖軟體與編輯工具：

- (一)、Jupyter python：計算回歸平面
- (二)、Tinkercad：3D列印繪圖軟體
- (三)、UltMaker Cure：3D列印繪圖軟體
- (四)、INFINITY3DP X1 Basic：3D列印設備

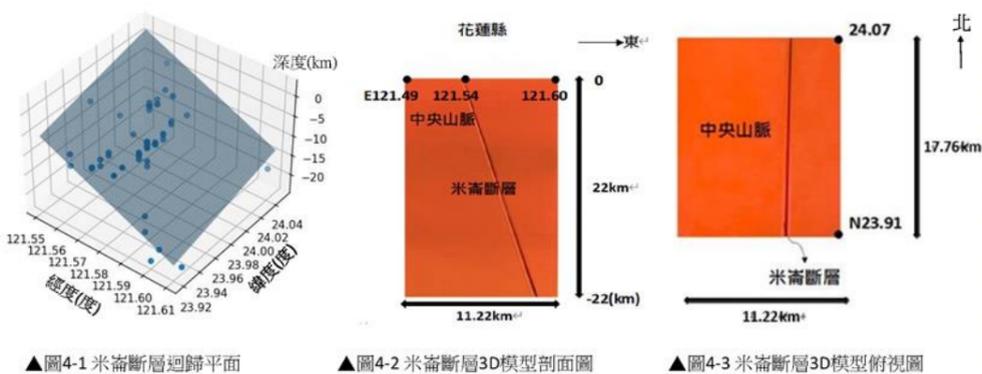
參、研究過程與方法



肆、研究結果

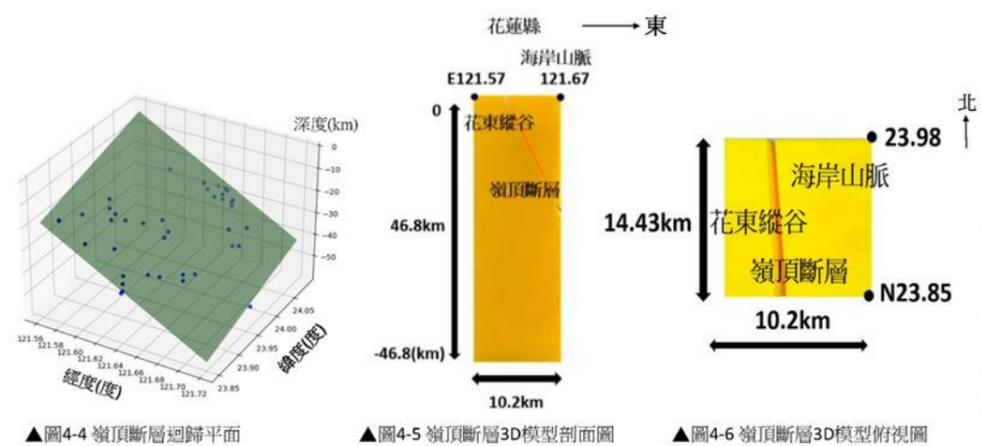
一、米崙斷層

以2018/02/08 8:54 北緯23.97°東經121.58°的地震資料為中心進行分析，得出米崙斷層面位態N20°E/69°E，平面方程式為 $Z = (-2.51)X + 0.52Y + 29788.89$ 。



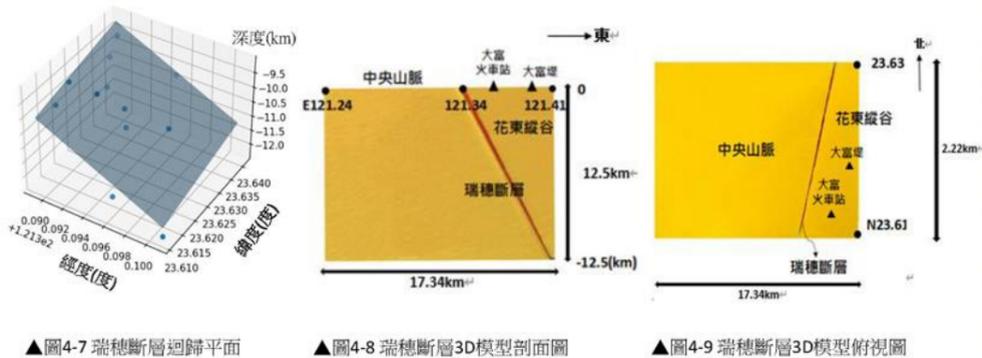
二、嶺頂斷層

以2018/02/06 11:50 的花蓮地震為中心進行分析，分析結果嶺頂斷層面位態為N15°E/62°E，迴歸平面方程式為 $Z = (-1.85)X + 0.48Y + 21644.82$ 。



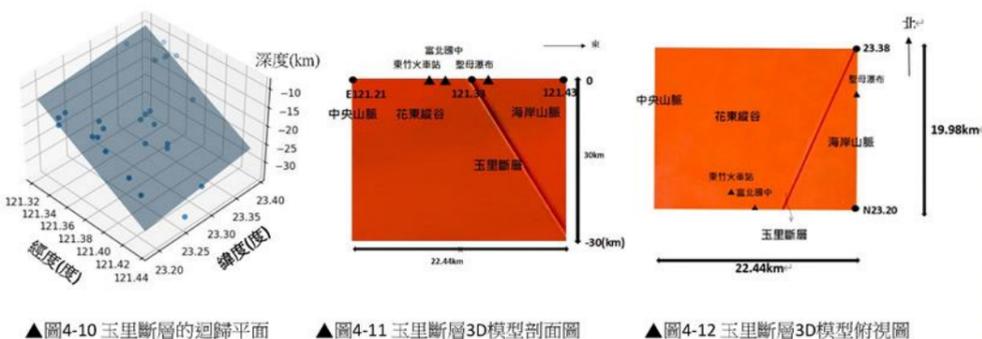
三、瑞穗斷層

以2022年06月25日 10:27 北緯23.64°東經121.4°的地震為中心進行分析，得出瑞穗斷層面位態N17°E/59°E，平面方程式為 $Z = (-1.63)X + 0.25Y + 19519.07$ 。



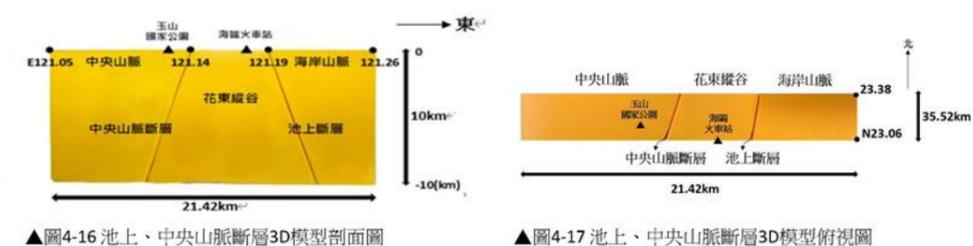
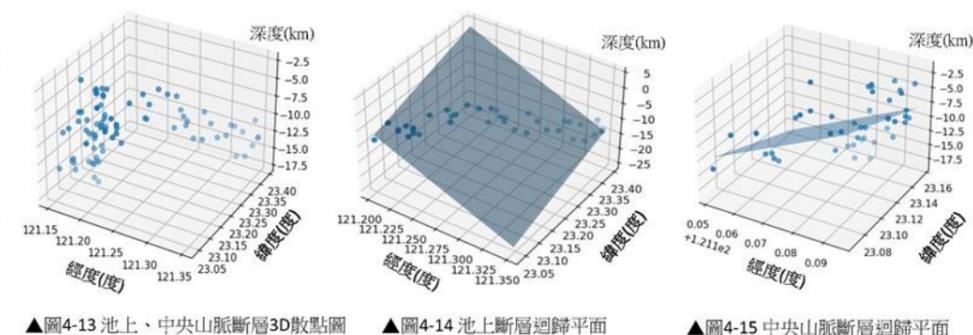
四、玉里斷層

以2022年09月18日 17:39 北緯23.27°東經121.3°的地震為中心進行分析，得出玉里斷層面位態N22°E/56°E，平面方程式為 $Z = (-1.48)X + 0.17Y + 17912.85$ 。



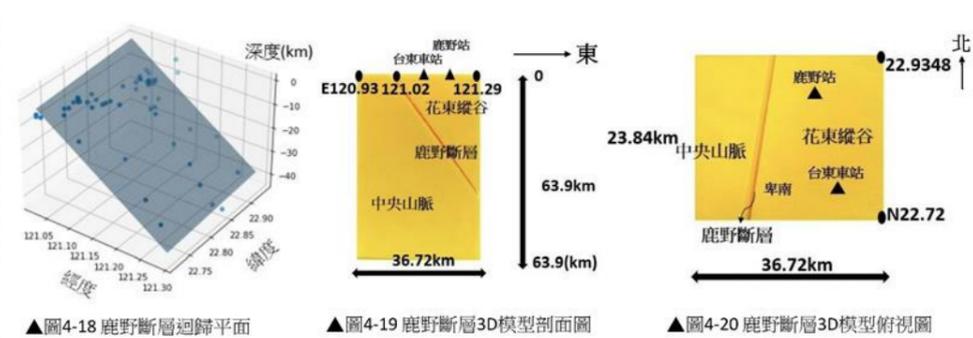
五、池上斷層及中央山脈斷層（關山段）

以2022年09月17、18日的關山及池上地震為中心分析池上斷層及中央山脈斷層的迴歸平面，得出池上斷層面位態為N17°E/59°E，平面方程式為 $Z = (-1.53)X + 0.59Y + 17412.15$ ，而中央山脈斷層面位態為N15°E/67°W，迴歸平面方程式則為 $Z = 2.29X - 0.64Y - 26688.59$ 。



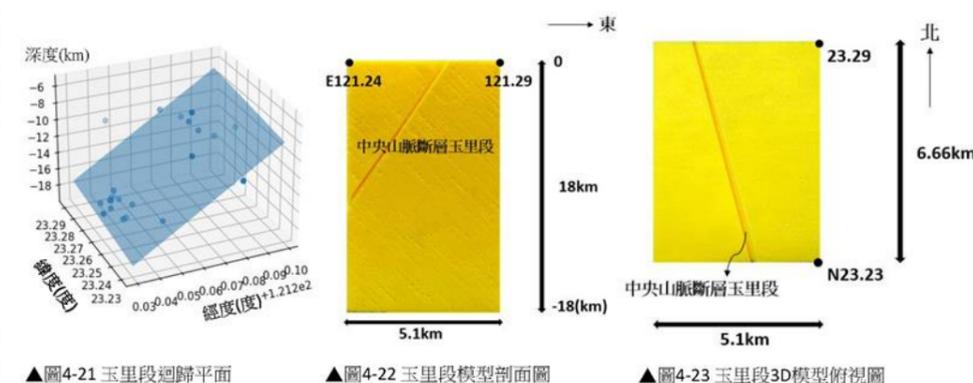
六、鹿野斷層

蒐集2010年一月至2023年六月位於鹿野鄉的地震活動資料進行分析，得出鹿野斷層面位態N11°E/54°E，平面方程式為 $Z = (-1.38)X + 0.14Y + 16683.85$ 。



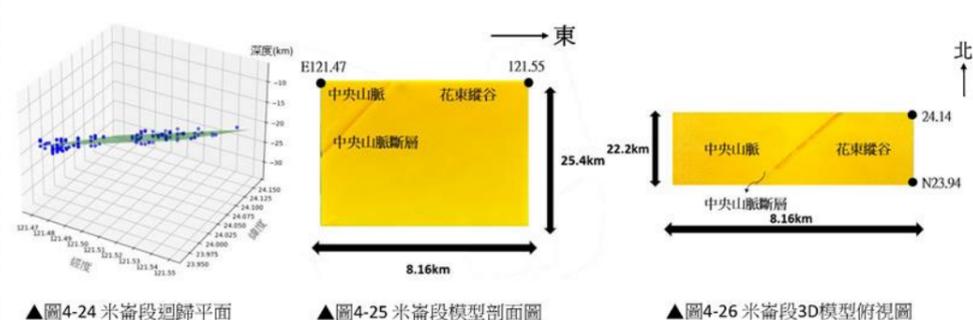
七、中央山脈斷層（玉里段）

以2022/09/18 17:39 北緯23.27°東經121.3°的地震群進行分析，得出玉里段的中央山脈斷層面位態N16°W/57°W，平面方程式為 $Z = 1.50X + 0.22Y - 19121.87$ 。



八、中央山脈斷層（米崙段）

以2018年02月06日花蓮地震進行分析，發現該區域有一西傾斷層，得出玉里段中央山脈斷層面位態N46°E/56°W，平面方程式為 $Z = 1.35X - 0.63Y - 15093.26$ 。



伍、討論

一、關山地震

中央氣象局發布2022/09/17關山地震及2022/09/18池上地震是池上斷層錯動造成(台東6.4震恐誘發「池上斷層」, 2022), 我們蒐集2022年9月的資料繪製成模型後發現該地有兩斷層, 分別為: 中央山脈斷層(N15°E/67°W)、池上斷層(N17°E/59°E), 但主震皆在中央山脈斷層上, 由此可知這兩地震皆為中央山脈斷層錯動所引發。

二、地震模型與文獻資料的比對

斷層名稱	米崙斷層	嶺頂斷層	瑞穗斷層	玉里斷層	池上斷層	鹿野斷層	中央山脈斷層
文獻紀錄	N30°E/ 60-70°E	N15°E/51°E	N20°E/ 60-70°E	N10-15°E/ 60-70°E N10°E/50°W	N20°E/60°E	N0°/ 35-55°E	·關山N10°E/60-70°W ·玉里N10°E/50°W
本次研究	N20°E/69°E	N15°E/62°E	N17°E/59°E	N22°E/56°E	N17°E/59°E	N11°E/54°E	米崙N46°E/56°W 關山N15°E/67°W 玉里N16°W/57°W



陸、結論

一、利用震源計算斷層面並利用3D列印建立斷層模型

- (一)在高中地球科學裡學到用震源畫出板塊隱沒帶, 本次研究用花東縱谷地區地震計算斷層最適迴歸平面, 使用Python-sklearn中的LinearRegression建立線性迴歸模型, 利用fit函數對模型進行訓練, 最終得出的模型皆符合或接近文獻中記載資料。
- (二)無須過多的成本, 僅利用高中課程: 數學、地球科學、Python自主學習、3D列印課程所學便可計算出斷層面。
- (三)目前中央地質調查所未記載的中央山脈斷層輪廓也被成功列印出來, 證明此研究方法是可行且在未來值得被運用的。

二、比較中央山脈斷層及花東縱谷斷層的差異

- 從五個斷層模型觀察, 可發現:
- (一)花東縱谷斷層: 米崙斷層、嶺頂斷層、瑞穗斷層、玉里斷層、池上斷層、鹿野斷層皆呈東傾。
 - (二)中央山脈斷層: 米崙段、關山段、玉里段皆呈現西傾。
 - (三)2022年9月台東的地震皆屬於中央山脈斷層所引發, 此斷層從關山延伸至玉里至少35.3公里, 若此斷層錯動將會帶來巨大的破壞力。

柒、參考資料

- (一)、台灣大百科全書-米崙斷層, <https://reurl.cc/0Eej01>
- (二)、臺灣地震模型 TEM 2020, <https://reurl.cc/vka9kk>
- (三)、斷層下的台灣啟示錄, <https://reurl.cc/o0Rjlj>
- (四)、地震地質與地變動潛勢分析計畫, <https://reurl.cc/Q4R84M>
- (五)、鹿野斷層. (2009). 經濟部中央地質調查所特刊, 第23號.
- (六)、Alix(2016), 活動斷層地質敏感區劃定計畫書-F0014 瑞穗斷層
- (七)、Pingshan(2014), 活動斷層地質敏感區劃定計畫-F0002 池上斷層
- (八)、經濟部中央地質調查所特刊第二十三號-玉里斷層(2009)
- (九)、陳煜濬. (2022). 玉里斷層不存在? <https://reurl.cc/ZXoG06>
- (十)、鹿野斷層. (2015). 經濟部活動斷層地質敏感區劃定計畫書.