

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

佳作

051902

地震頻率-花蓮市周邊地震探討

學校名稱：高雄市立新莊高級中學

| | |
|---|------------------|
| 作者： 高一 張寓豪 高一 辛柏皓 高一 劉家倫 | 指導老師： 林佳賢 |
|---|------------------|

關鍵詞：花蓮、b 值、a 值

摘要

台灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊的交界，台灣各地常出現地震，導致無數地震產生與人命金錢的損失。

本次研究使用中央氣象局的地震紀錄、Microsoft Excel，探討花蓮地震、台東海端地震前後的 a 值與 b 值變化。從古登堡-芮克特關係式中發現主震發生前 a、b 值會有下降趨勢，並能預估可能發生的最大規模。

實驗中我們將實際資料與古登堡-芮克特關係式算出的資料作比較，發現實驗迴歸線的 a 值、b 值、最大規模預估等數值與實際觀測非常符合，並分析當地未來的地震趨勢。

壹、研究動機

2018 年 2 月 6 日的花蓮地震，主震發生前有許多小規模地震發生，高中地球科學課本天然災害章節所述，地震是釋放能量的表現。但緊接地震後發生的卻是芮氏規模 6.2 的大地震，釋放一連串的能量後卻引發了規模更大的地震，讓我們對此現象感到疑惑。近年媒體常報導地震數量變化可能是大地震的徵兆，此徵兆沒有統一的定論。在查詢文獻時，發現古登堡-芮克特定律，於是我們嘗試把此定律用於解釋花蓮地震與其它地區的地震。

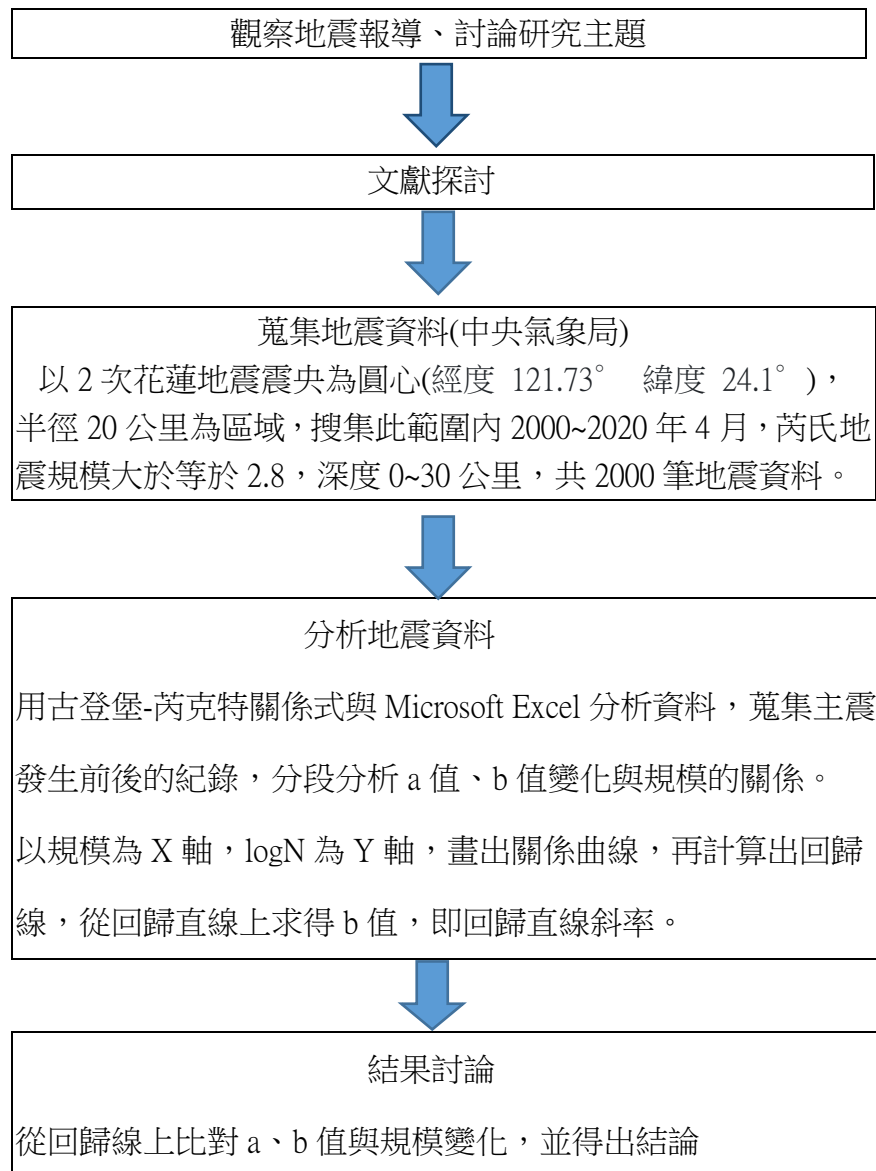
貳、研究目的

- 一、利用古登堡-芮克特的關係式來找出地震 a、b 值與地震的關係
- 二、利用中央氣象局的地震資料來探討花蓮地震前後的 a、b 值變化
- 三、利用古登堡-芮克特關係式推得未來可能發生地震的規模

參、研究設備及器材

- 一、中央氣象局地震資料
- 二、Microsoft Excel

肆、研究過程和方法



伍、文獻探討

一、古登堡-芮克特(Gutenberg-Richter)關係式

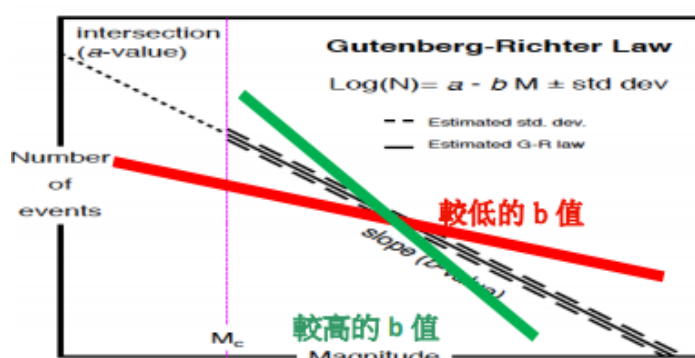
地球外層是地殼，地殼是由不同的板塊組成，板塊受到內部熱能影響而產生移動現象，經過推擠或撕裂，當應力大於岩層所能承受的強度時，岩層會發生錯動，而這種錯動會突然釋放巨大的能量，並產生彈性波，稱為地震波，到達地表時，引起大地的震盪，這就是「地震」(中央氣象局，2018)。

古登堡 (Beno Gutenberg) 與芮克特 (Charles Francis Richter) 於 1944 年研究加州地震再現頻率，提出古登堡-芮克特(Gutenberg-Richter)關係式 $\log^N = a - b$

M(Gutenberg, B. & Richter, C. F. 1954)，一特定區域的特定時間內，不同大小規模的地震數量遵循的關係式，該法則提供了特定能量地震的分布機率。

某地區規模大於等於 M 以上的累計地震個數定義為 N。a 值為 M 等於零之地震個數的對數，為此特定地區的地震頻繁程度。b 值則代表此地區大規模與小規模地震之間的比例。某地區有較高 b 值，代表此地有很多小規模地震發生，大規模地震少；反之若 b 值較低，代表可能有較多大規模的地震發生。a 值大小與當地地總地震次數有關，a 值愈高代表此地愈容易發生地震。

如圖一，地震個數及規模關係圖。即地震發生頻率與強度的對數成反比。



依據古登堡（Gutenberg）與黎克特（Richter）於 1944 年研究加州地震再現頻率，提出 Gutenberg-Richter 關係式 $\log N = a - bM$ ，設關係式中在特定地區內，將規模大於等於 M 以上的累計地震個數定義為 N。

圖例說明

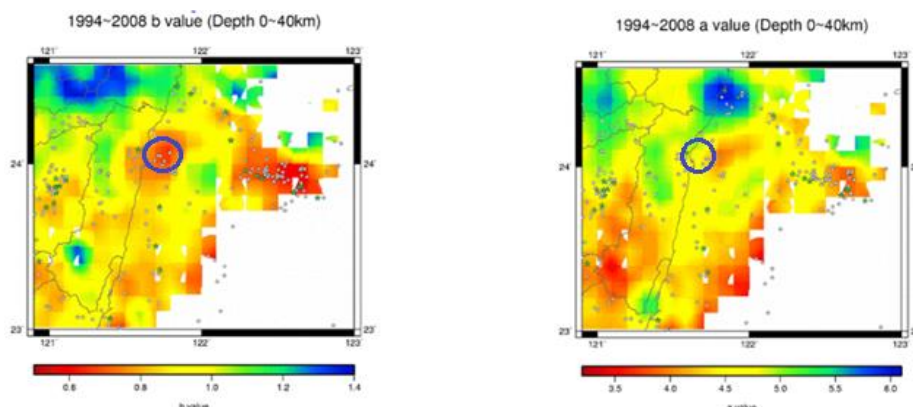
1. X 軸為芮氏規模，Y 軸為某規模以上地震次數
2. 假設 Y 為 0 時，可求得此地可能發生的最大地震規模。
3. 假設 X 為 0 時，可求得此地的總地震次數。
4. 紅線：當 b 值(斜率)降低時：此地可能發生的最大地震規模上升；地震次數減少(a 值下降)
5. 綠線：當 b 值(斜率)上升時：此地可能發生的最大地震規模下降；地震次數增加(a 值上升)

圖一 B 值變化與地震規模關係式(Gutenberg, B. & Richter, C. F. 1954)

王錦華等(1990)利用 1973-1987 年臺地震觀測網計算花蓮瑞穗的 b 值為 1.25，辛在勤等(1992)、張建興等(1994)分別研究 1992 年與 1993 年臺灣整年地震所得到的 b 值分別為 0.99 與 1.08，辛在勤、張建興等(1994)分析 1973-1993 嘉義臺南地區分析所得 b 值為 0.93。在集集地震發生前確實記錄到 b 值有明顯下降現象(中央氣象局，2008)。

花蓮 1994~2008 的地震活動特性參數 a 值、b 值之空間分布如圖二。a 值高區即代表地震數量較多的區域，集中在宜蘭縣南澳。b 值低區約在花蓮市與花蓮

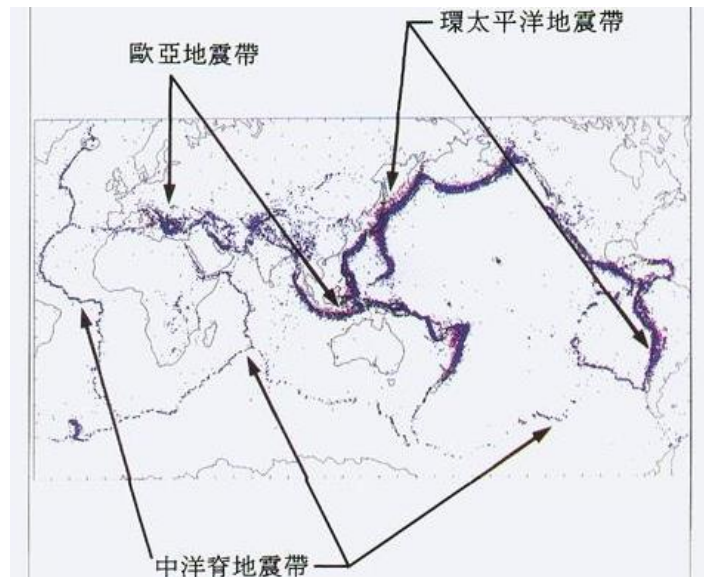
市近海一帶，也是 2018 花蓮地震發生位置所在，此地區可視為較可能發生中大型有感地震之區域。(中央氣象局，2008)



圖二 花蓮地區 a 與 b 值分布，藍圈為 2018 花蓮地震震央(中央氣象局，2008)

二、臺灣地體構造

地震並非隨處都會發生，而是集中在特定的地區。世界地震發生的位置呈帶狀分佈，稱為地震帶。臺灣更位於環太平洋地震帶上。世界上約 80% 的淺源地震、90% 的中源地震和幾乎所有的深層地震是發生在這地震帶上。(王鑫，2019。李通譯，2019)



圖三、世界三大地震帶分布位置與範圍(中央氣象局，2018)

臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞板塊交界的聚合型板塊邊界，在臺灣南部，歐亞板塊沿馬尼拉海溝向東隱沒到菲律賓海板塊下。在東部海域，菲律賓海板塊沿琉球海溝，向西北隱沒到歐亞板塊下，此處也是造成 2018 年 2 月 6 日花蓮地震

的位置。

自 2001~2015 年 15 年的觀測資料顯示，臺灣地區平均每年約發生 26,686 次地震，其中約有 965 次為有感地震(中央氣象局，2016)，地震次數最多的地區，以花蓮平均每年出現 6302 次地震最多。東部地震帶之地震係直接肇因於菲律賓板塊與歐亞板塊碰撞所造成，地震活動頻率最高。

三、台灣當地過去的 G-R 關係研究

由於各地之地質環境不同，因此各區域之地震潛勢也不同；一般區域之地震活動特性可以藉由 Gutenberg 和 Richter (1944) 提出之地震規模與再現頻率關係式呈現 (簡稱為 G-R 關係式)，a 值與 b 值為常數可由回歸分析求得。陳朝輝等(2018)。依吳逸民等專家提出之研究論述，『在地震發生之前，主震區周圍發現 b 值明顯下降;相對低震率和 b 值的減少，可能是整體地震休眠期再活動相關聯的前兆現象。』。依統計資料，隨時間變化越接近地震發生，震央 b 值逐漸降低，(葉瓊蔓，2013)

過去的研究顯示(陳朝輝等，2018)，臺灣地區平均 b 值為 0.9。也就是 b 值低於 0.9 的區域容易發生中大規模的地震，本次挑選的花蓮市地區其 b 值小於 0.9，容易發生大地震，近年來 2018、2019 年也都發生規模大於 6.0 的地震，造成嚴重損失，因此選定此區域進行研究。

四、研究限制

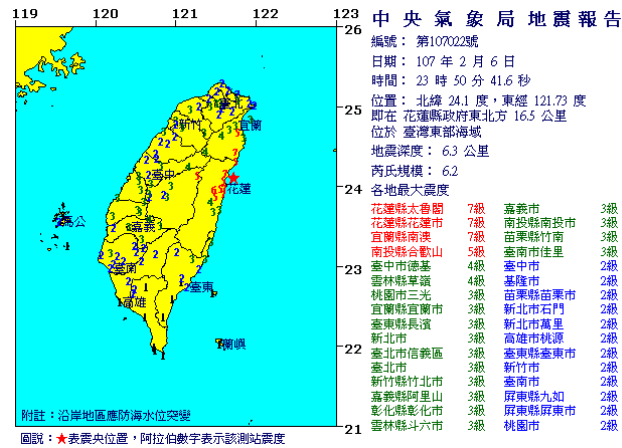
1. 本次研究挑選的區域為花蓮市地區(經度 121.73° ，緯度 24.1°)，半徑 20 公里為區域，搜集此範圍內 2000~2020 年 4 月，芮氏地震規模大於等於 2.8，深度 0~30 公里的極淺源地震。
2. 花蓮地震為逆斷層構造，根據研究(陳朝輝等，2018)，正逆斷層的 b 值型態不盡相同。
3. 受限於觀測紀錄的完整性，因此只挑選芮氏地震規模大於 2.8 的地震資料進分析。

陸、研究結果

一、花蓮地震

(一) 2018 年 2 月 6 日主震

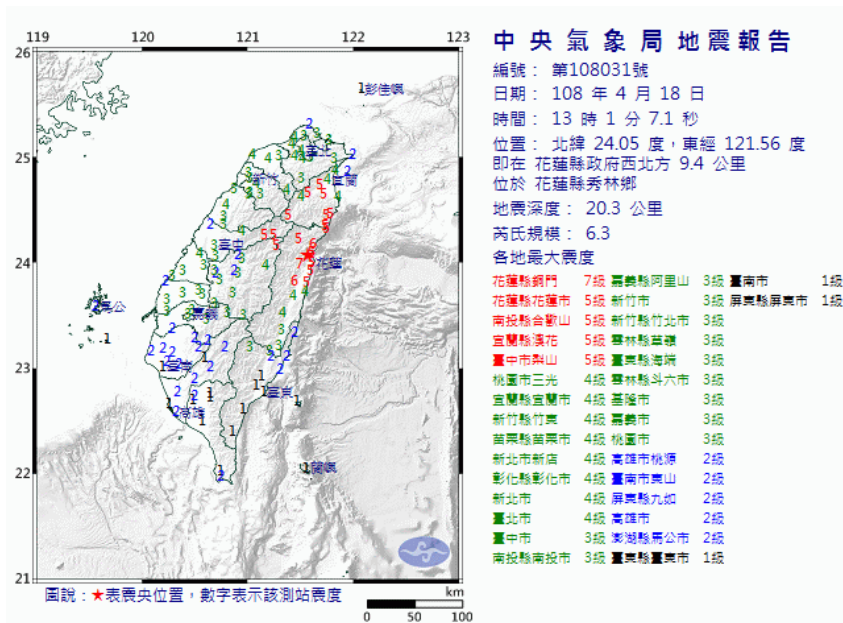
參考圖四，2018 年花蓮地震，主震發生於臺灣時間 2018 年 2 月 6 日 23 時 50 分，震央位於花蓮縣政府東北方 16.5 公里，花蓮近海，芮氏規模 6.2，震源深度 6.3 公里屬於極淺源地震(0~30 公里)。花蓮市、宜蘭南澳皆觀測到 7 級震度。



圖四、2018 年 2 月 6 日花蓮地震地震報告(中央氣象局，2020)

(二) 2019 年 4 月 18 日主震

2019 年 4 月 18 日 13 時 1 分，在 2018 年花蓮地震震央附近發生規模 6.3。

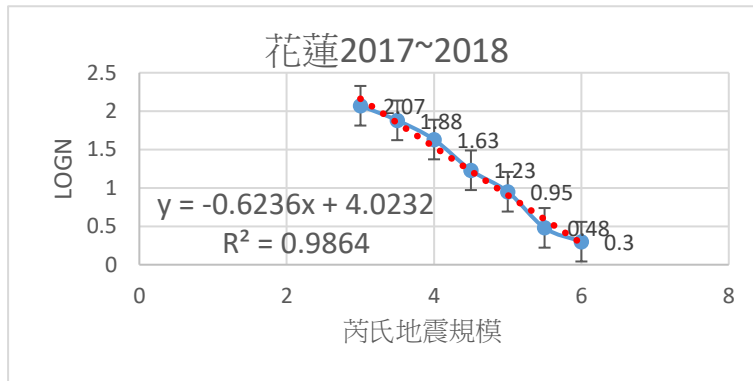


圖五、2019 年 4 月 18 日花蓮地震地震報告(中央氣象局，2020)

二、2018年2月6日花蓮地震的古登堡-芮克特(Gutenberg-Richter)關係式

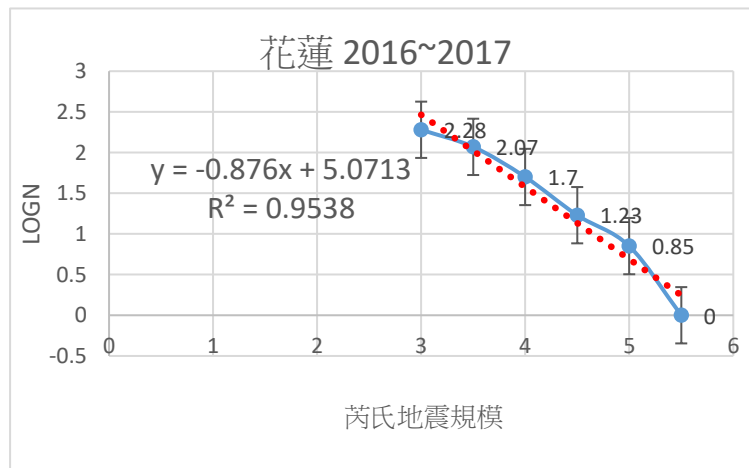
取芮氏規模大於等於 3.0 的地震，花蓮地震主震半徑 20 公里內的地震。規模 3.0~3.3 分類為規模 3.0，規模 3.4~3.7 分類為規模 3.5，依此類推。深度 0~30 公里極淺源地震，分析 2008 年至 2020 年 4 月的逐年 a、b 值與可能最大規模，圖六到圖十八為本次分析結果。

(一) 2018年2月6日花蓮地震發生前1年(2017年2月6日~2018年2月6日)



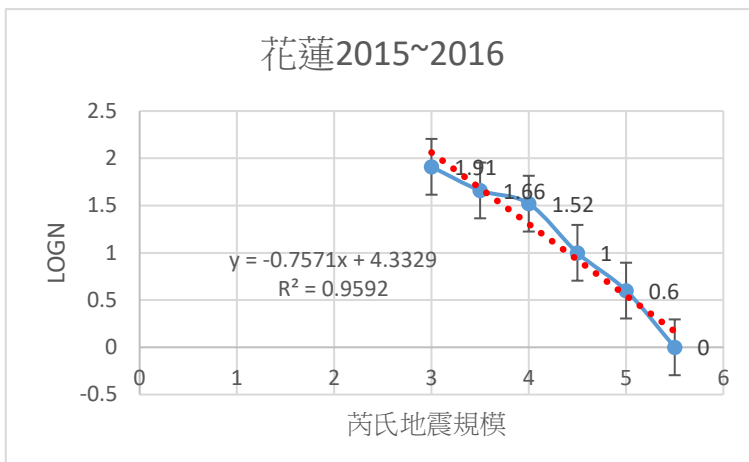
圖六 b 值為 0.62、a 值為 4.02、可能最大規模 6.4、實際 6.2

(二) 2018年2月6日花蓮地震前2年(2016年~2017年)



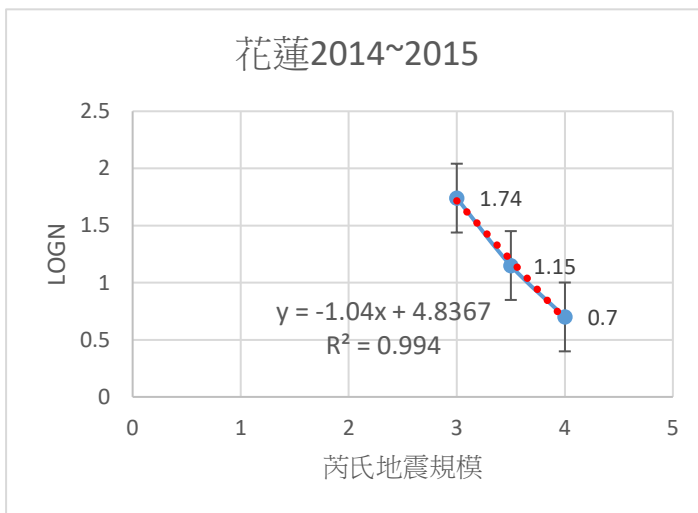
圖七 b 值為 0.88、a 值為 5.07、可能最大規模 5.8、實際 5.7

(三) 2018年2月6日花蓮地震前3年(2015年~2016年)



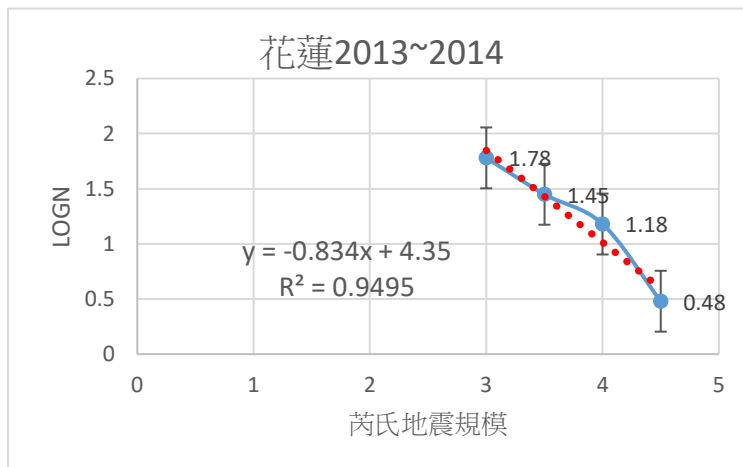
圖八 b 值為 0.76、a 值為 4.33、可能最大規模 5.7、實際 5.7

(四) 2018年2月6日花蓮地震地震前4年(2014年~2015年)



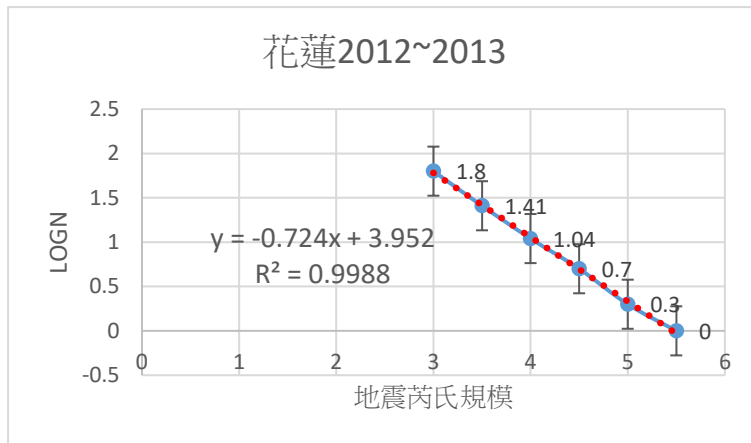
圖九 b 值為 1.04、a 值為 4.83、可能最大規模 4.7、實際 4.3

(五) 2018年2月6日花蓮地震地震前5年(2013年~2014年)



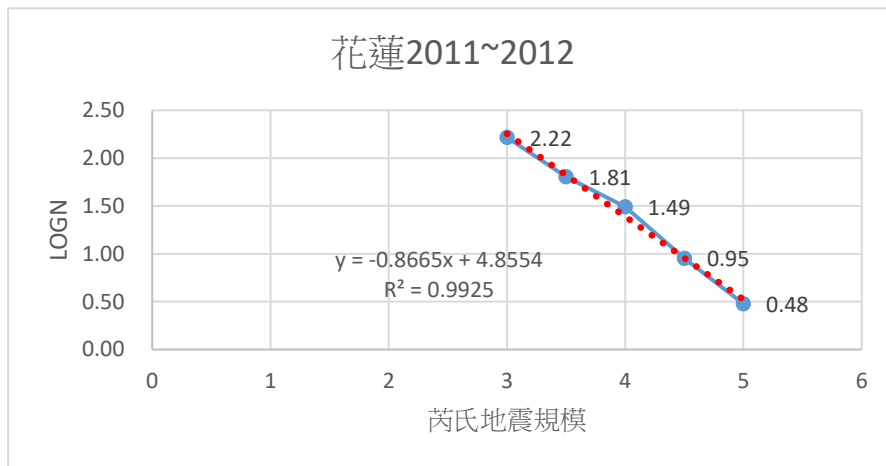
圖十 b 值為 0.83、a 值為 4.35、可能最大規模 5.2、實際 4.6

(六) 2018年2月6日花蓮地震地震前6年(2012年~2013年)



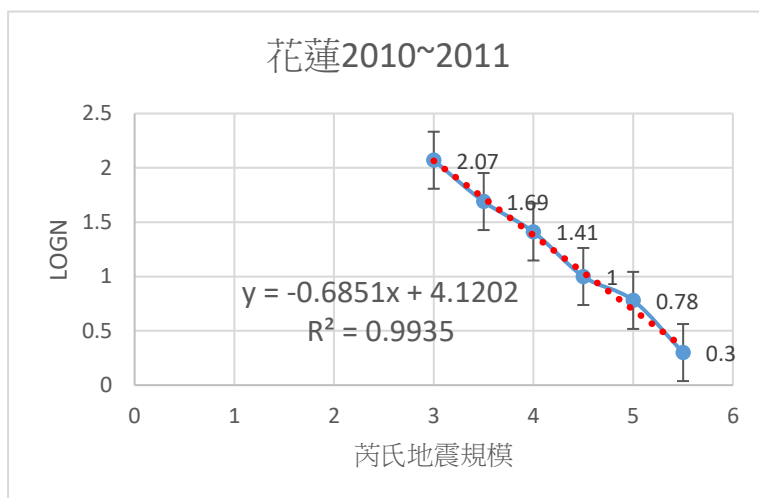
圖十一 b 值為 0.72、a 值為 3.95、可能最大規模 5.5、實際 5.5

(七) 2018年2月6日花蓮地震地震前7年(2011年~2012年)



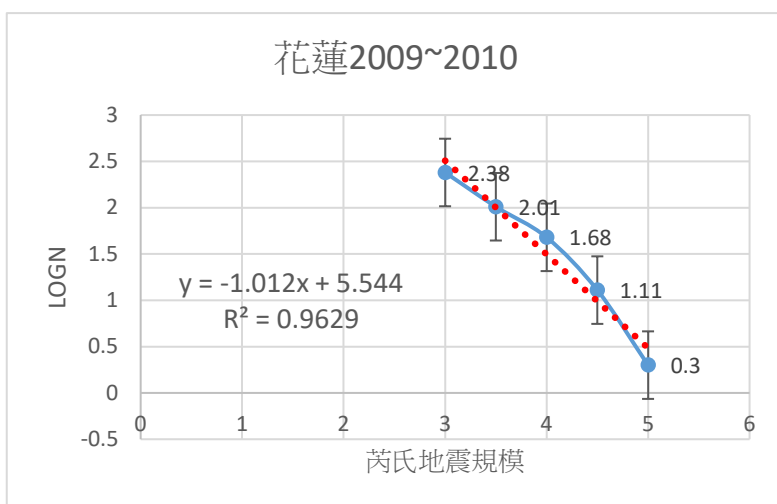
圖十二 b 值為 0.87、a 值為 4.86、可能最大規模 5.6、實際 5.1

(八) 2018年2月6日花蓮地震地震前8年(2010年~2011年)



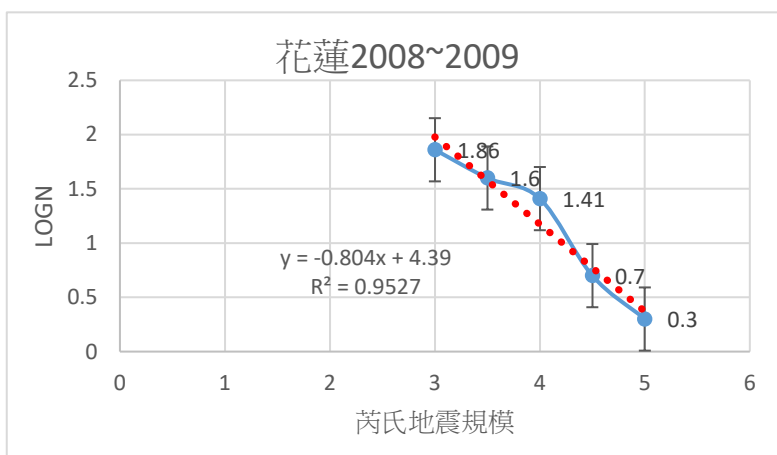
圖十三 b 值為 0.69、a 值為 4.12、可能最大規模 6.0、實際 5.5

(九) 2018年2月6日花蓮地震地震前9年(2009年~2010年)



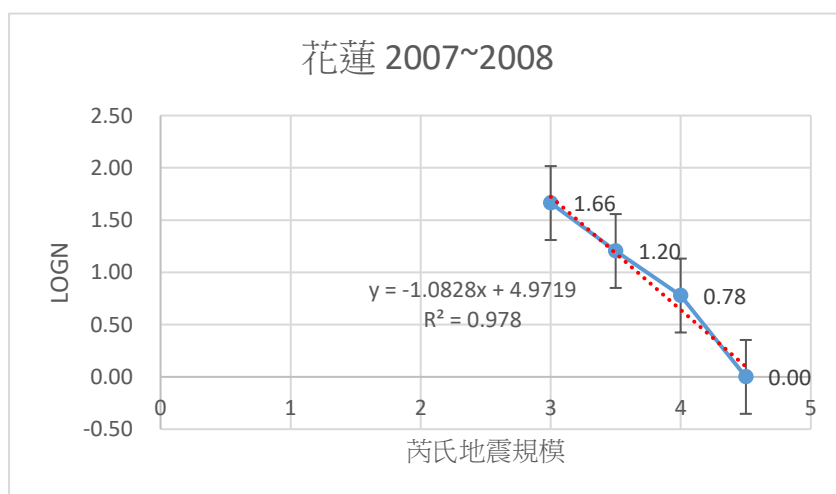
圖十四 b 值為 1.01、a 值為 5.54、可能最大規模 5.5、實際 5.3

(十) 2018年2月6日花蓮地震地震前10年(2008年~2009年)



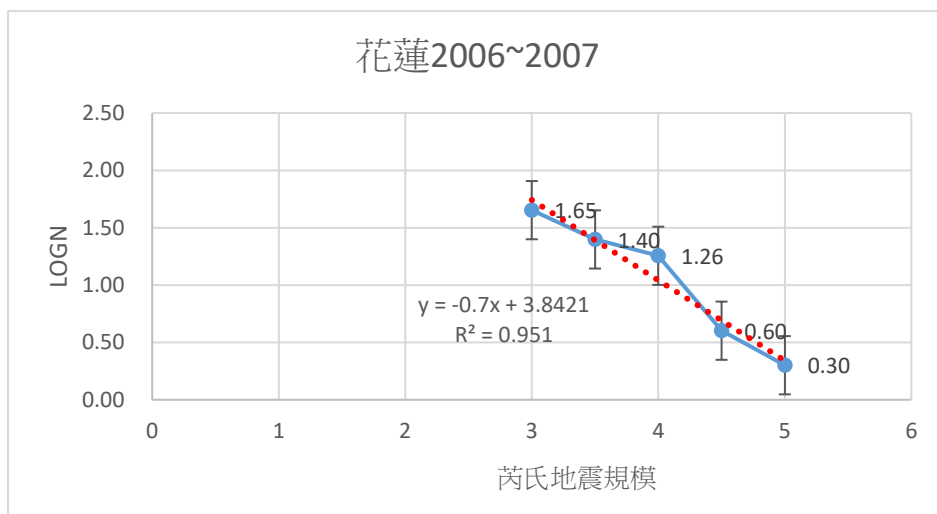
圖十五 b 值為 0.80、a 值為 4.39、可能最大規模 5.5、實際 5.1

(十一) 2018年2月6日花蓮地震地震前11年(2007年~2008年)



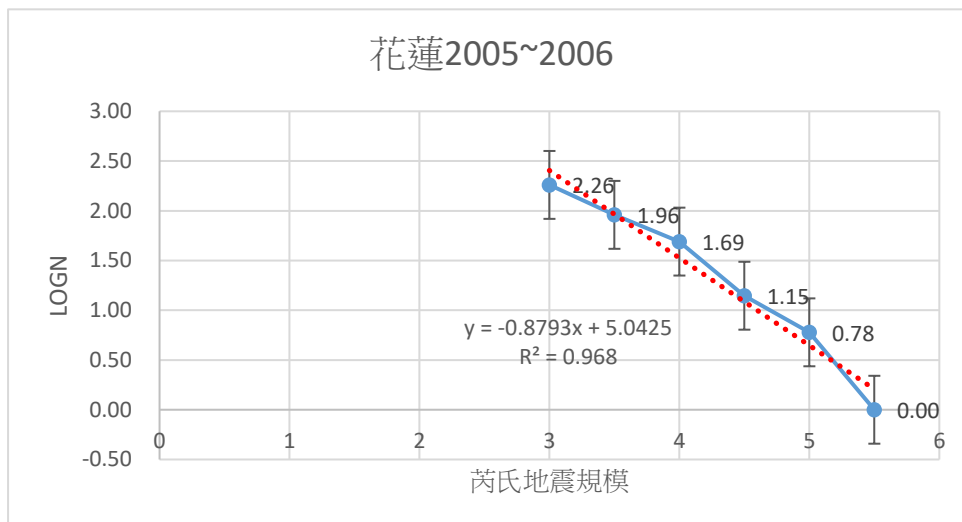
圖十六 b 值為 1.08、a 值為 4.97、可能最大規模 4.6、實際 4.5

(十二) 2018年2月6日花蓮地震地震前12年(2006年~2007年)



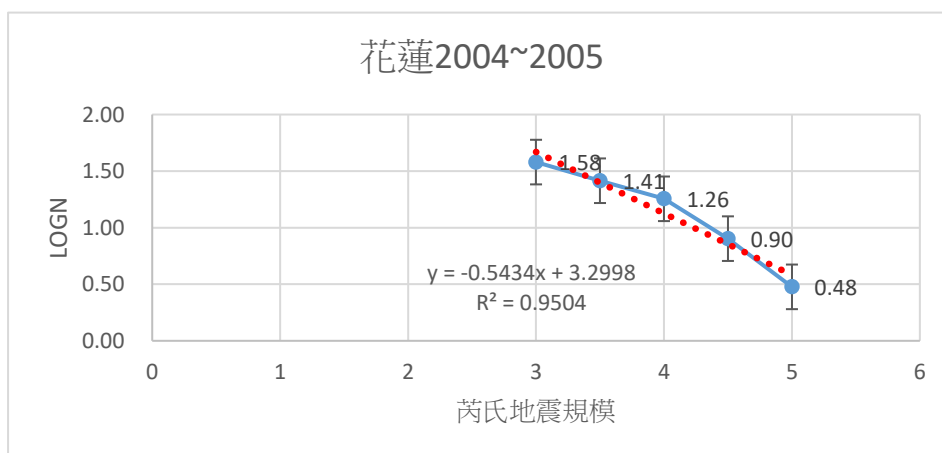
圖十七 b 值為 0.7、a 值為 3.84、可能最大規模 5.5、實際 5.2

(十三) 2018年2月6日花蓮地震地震前13年(2005年~2006年)



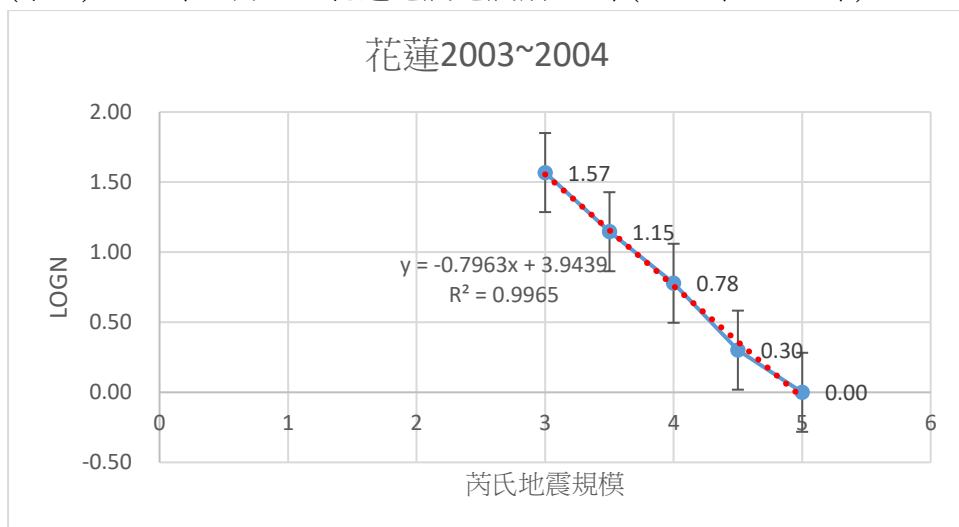
圖十八 b 值為 0.88、a 值為 5.04、可能最大規模 5.7、實際 5.6

(十四) 2018年2月6日花蓮地震地震前14年(2004年~2005年)



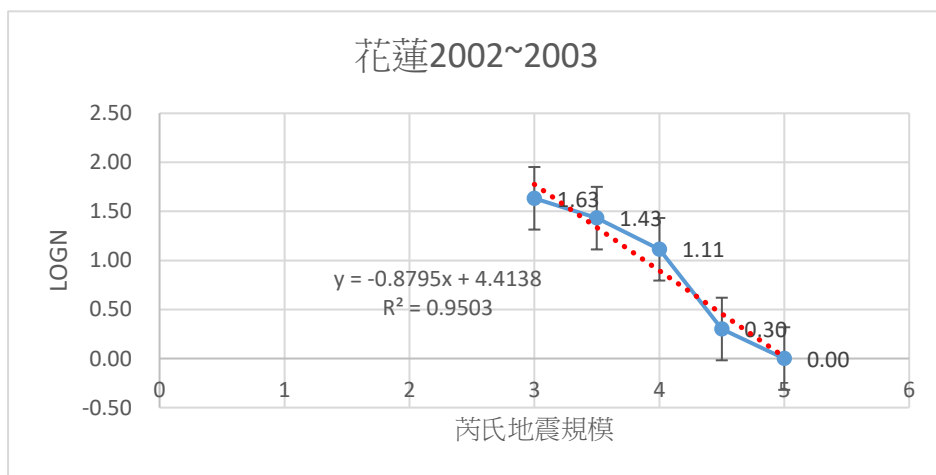
圖十九 b 值為 0.54、a 值為 3.3、可能最大規模 6.1、實際 5.3

(十五) 2018年2月6日花蓮地震地震前15年(2003年~2004年)



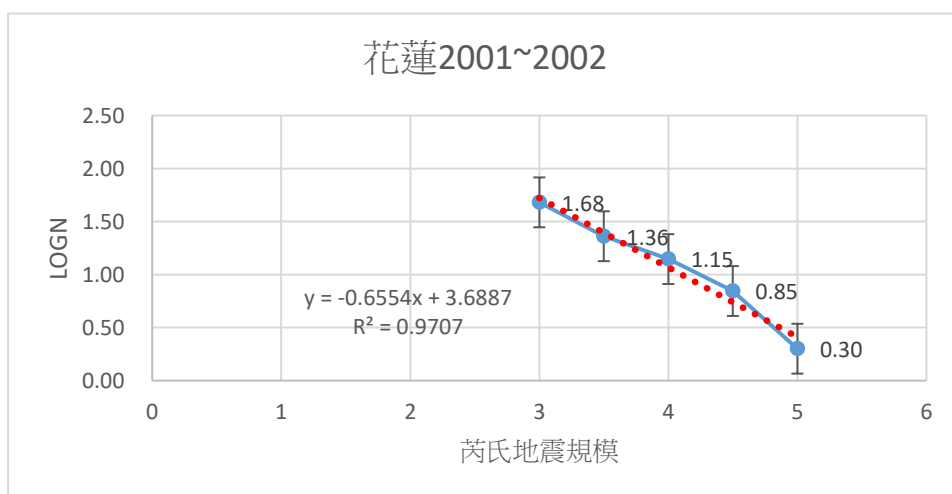
圖二十 b 值為 0.80、a 值為 3.94、可能最大規模 5.0、實際 5.1

(十六) 2018年2月6日花蓮地震地震前16年(2002年~2003年)



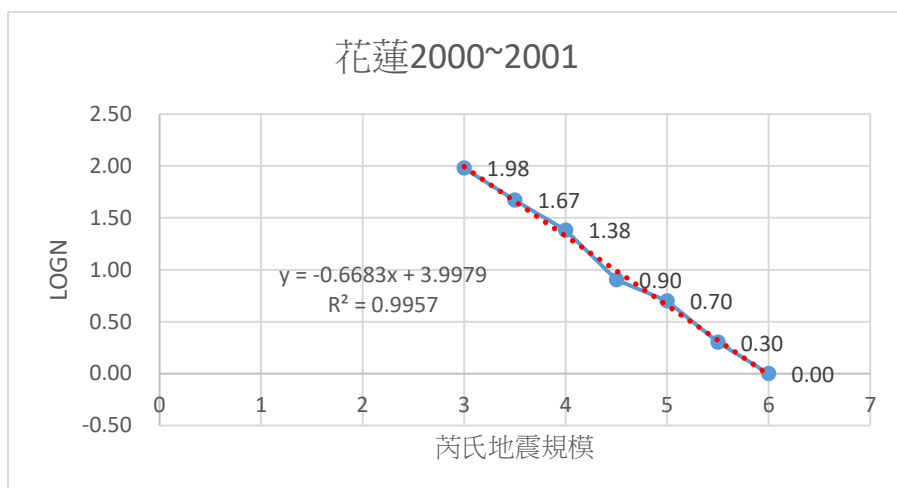
圖二十一 b 值為 0.88、a 值為 4.41、可能最大規模 5.0、實際 4.9

(十七) 2018年2月6日花蓮地震地震前17年(2001年~2002年)



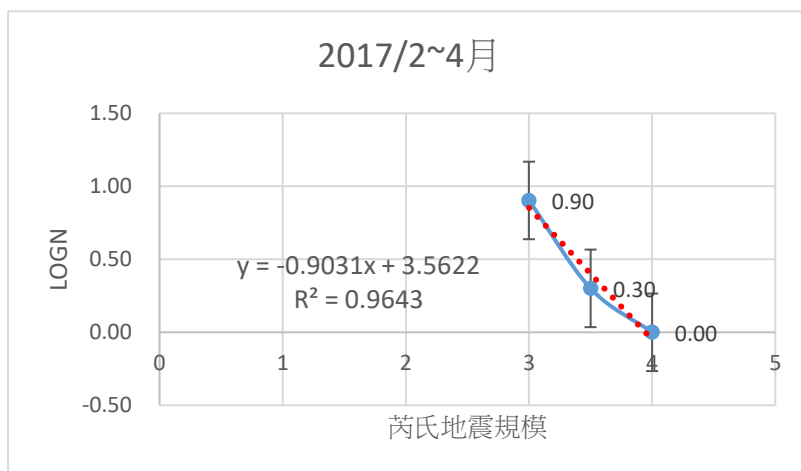
圖二十一 b 值為 0.66、a 值為 3.69、可能最大規模 5.6、實際 5

(十八) 2018年2月6日花蓮地震地震前18年(2000年~2001年)



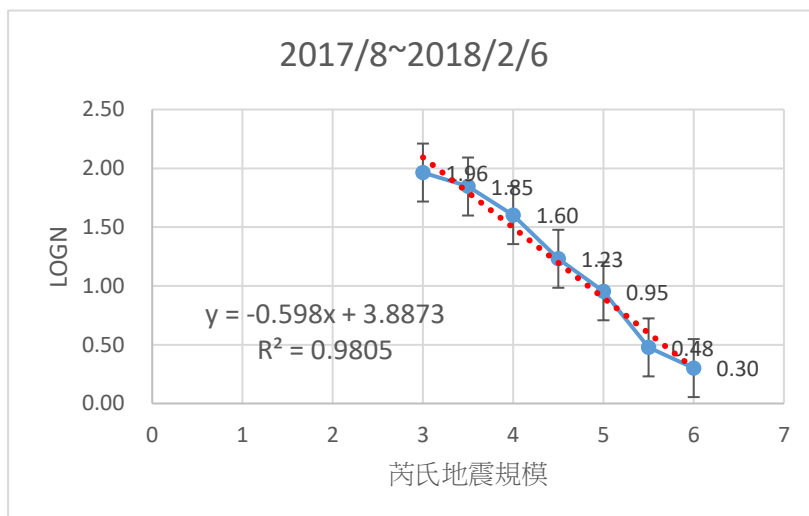
圖二十二 b 值為 0.67、a 值為 4.00、可能最大規模 6.0、實際 6.2

(十九) 2018年2月6日花蓮地震前1年至半年 (2017年2月~2017年7月)



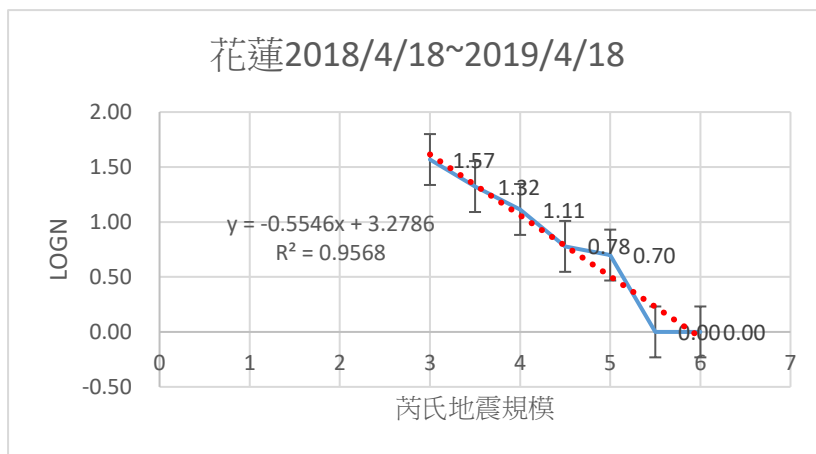
圖二十三 b 值為 0.9、a 值為 3.5、可能最大規模 3.9、實際 4.1

(二十) 2018年2月6日花蓮地震前半年 (2017年8月~2018年2月6日)



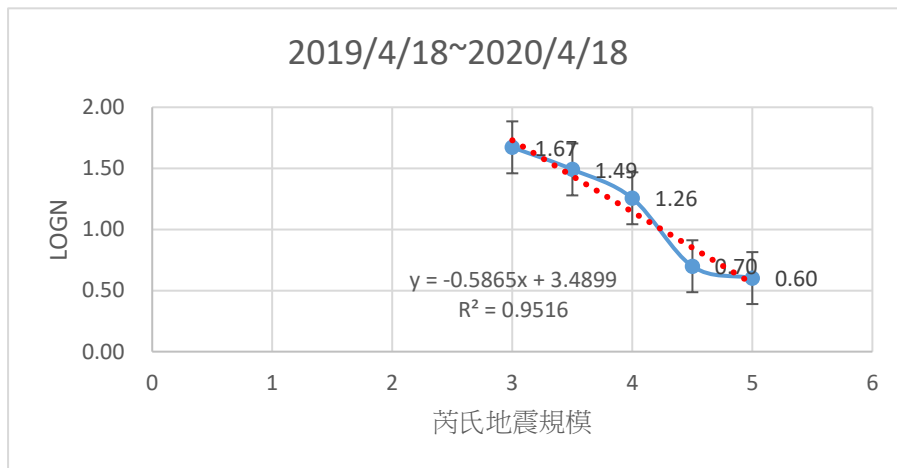
圖二十四 b 值為 0.60、a 值為 3.8、可能最大規模 6.5、實際 6.3

(二十一)2019年4月18日花蓮地震前1年(2018年4月~2019年4月18日)



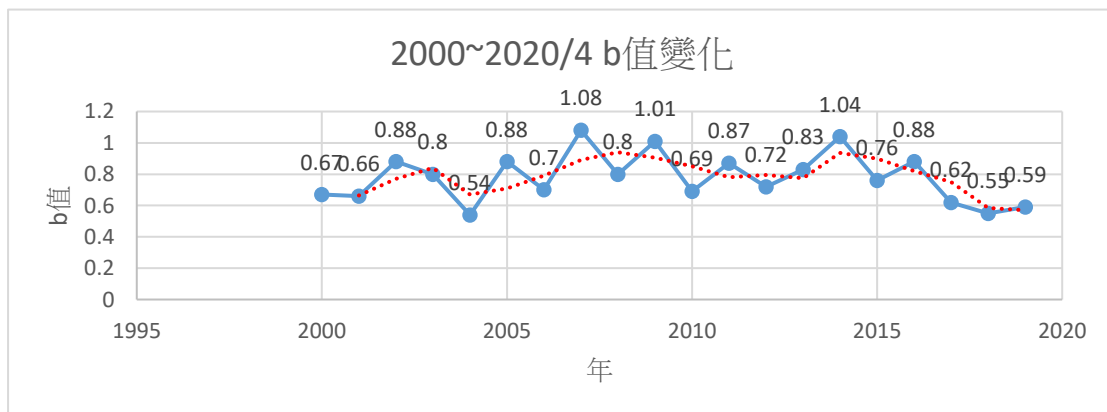
圖二十五 b 值為 0.55、a 值為 3.27、可能最大規模 6.5、實際 6.3

(二十二)2019年4月18日花蓮地震後至2020年4月18日



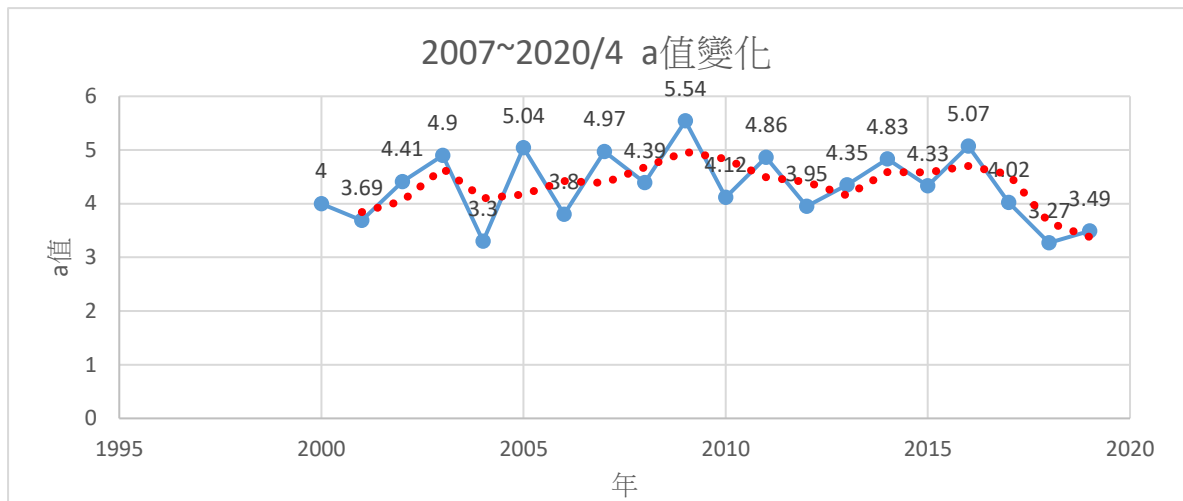
圖二十六 b 值為 0.59、a 值為 3.49、可能最大規模 6.0、實際 4.9

(二十三)花蓮 2007 至 2020 年四月 b 值變化



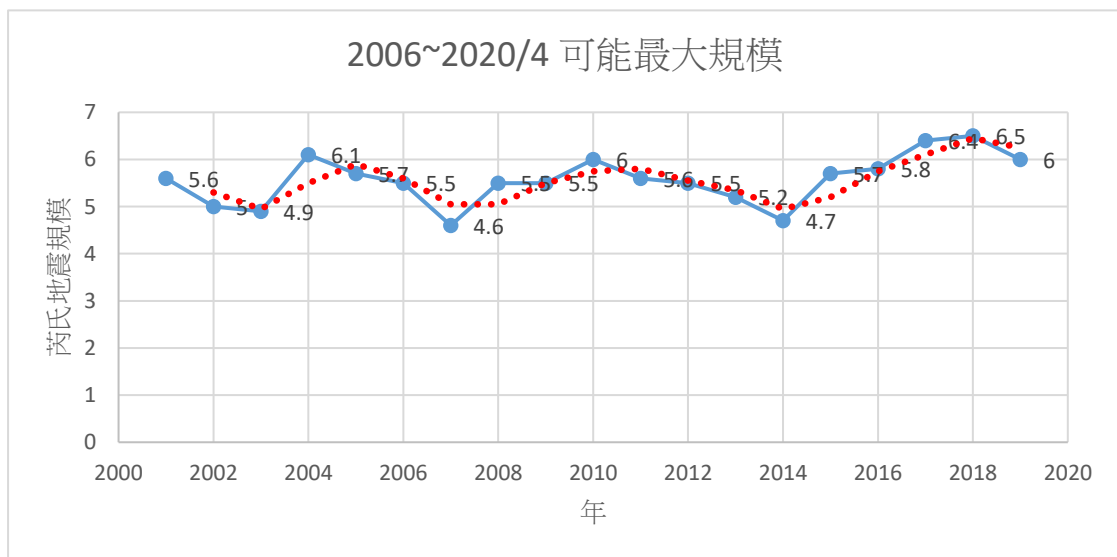
圖二十七 b 值呈現波動，低點(容易發生大規模地震)為 2004、2010、2018。

(二十四) 花蓮 2007 至 2020 年四月 a 值變化



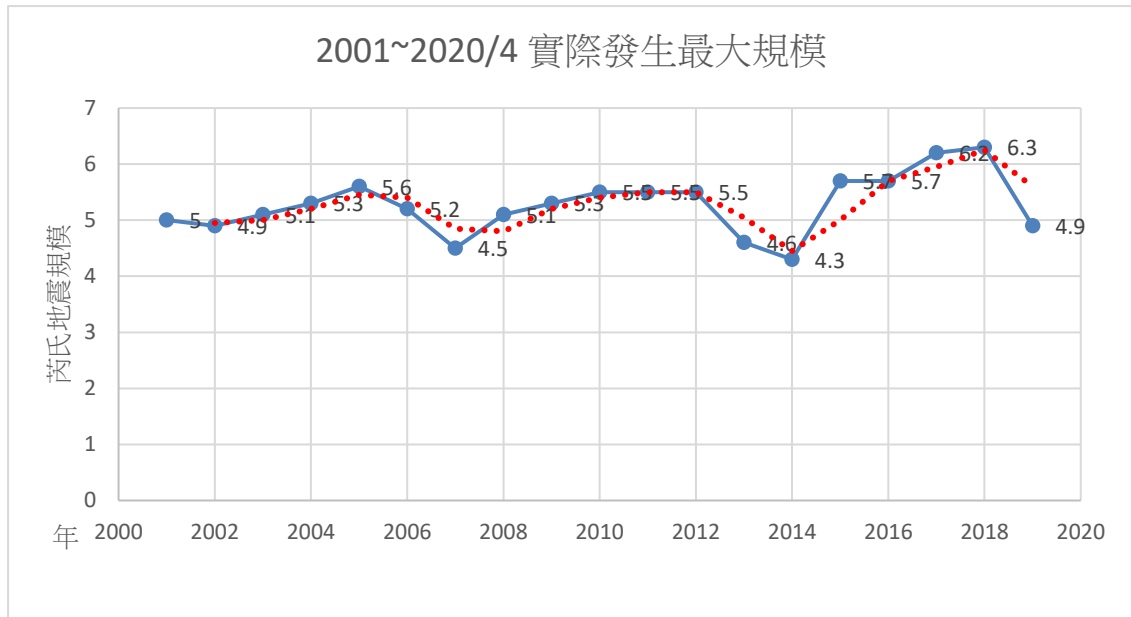
圖二十八 a 值呈現波動，低點(總地震數較少)為 2004、2012、2018。

(二十五) 花蓮 2000 至 2020 年四月 可能最大規模變化



圖二十九 可能發生最大規模呈現波動趨勢，高點 2004、2010、2018

(二十六) 花蓮 2001 至 2020 年每年發生最大地震規模



圖三十 實際發生規模呈現波動，有三個高峰點：2005、2010~2012、2018

柒、結果與討論

一、a 值變化

(一)、花蓮 a 值變化

表一、花蓮地震 a 值變化(2000/2~2020/4，2020 年資料併入 2019 年)

| 年 | a 值 | 變化率(%) |
|------|------|---------|
| 2000 | 4 | X |
| 2001 | 3.69 | -7.75% |
| 2002 | 4.41 | 19.51% |
| 2003 | 4.9 | 11.11% |
| 2004 | 3.3 | -32.65% |
| 2005 | 5.04 | 52.73% |
| 2006 | 3.8 | -24.60% |
| 2007 | 4.97 | 30.79% |
| 2008 | 4.39 | -11.67% |
| 2009 | 5.54 | 26.20% |

| 年 | a 值 | 變化率(%) |
|------|------|---------|
| 2010 | 4.12 | -25.63% |
| 2011 | 4.86 | 17.96% |
| 2012 | 3.95 | -23.89% |
| 2013 | 4.35 | 10.13% |
| 2014 | 4.83 | 11.03% |
| 2015 | 4.33 | -10.35% |
| 2016 | 5.07 | 17.09% |
| 2017 | 4.02 | -20.71% |
| 2018 | 3.27 | -18.66% |
| 2019 | 3.49 | 6.73% |

花蓮市地區(經度 121.73° ；緯度 24.1° ；半徑 20 公里；深度 0~30 公里)的平均 a 值為 4.35(2000~2020)。近二十年來的 a 值逐年資料(配合花蓮地震日期，

研究採取每年 2 月 4 日至隔年 2 月 3 日)，發現 a 值每年都有波動現象，由圖二十八中可觀測到主要有三個週期波動，近 20 年來有三次相對較低的時候，分別為：2004 年的 3.3；2012 年的 3.95，2018 年的 3.27。代表這些年發生的地震次數偏少。約 6~8 年為一個週期。從 2019 年 4 月 18 日的花蓮至今(2020 年 4 月)的 b 值 3.49，還未恢復到平均值，代表仍有能量未釋放。

二、b 值變化

(一)、花蓮 b 值變化

表二、花蓮地震 b 值變化(2000/2~2020/4，2020 年資料併入 2019 年)

| 年 | B 值 | 變化率(%) | 年 | B 值 | 變化率(%) |
|------|------|---------|------|------|---------|
| 2000 | 0.67 | X | 2010 | 0.69 | -31.68% |
| 2001 | 0.66 | -1.49% | 2011 | 0.87 | 26.08% |
| 2002 | 0.88 | 33.33% | 2012 | 0.72 | -20.88% |
| 2003 | 0.8 | -9.09% | 2013 | 0.83 | 15.28% |
| 2004 | 0.54 | -32.50% | 2014 | 1.04 | 25.30% |
| 2005 | 0.88 | 62.96% | 2015 | 0.76 | -26.92% |
| 2006 | 0.7 | -20.45% | 2016 | 0.88 | 15.79% |
| 2007 | 1.08 | 54.29% | 2017 | 0.62 | -29.55% |
| 2008 | 0.8 | -25.93% | 2018 | 0.55 | -11.29% |
| 2009 | 1.01 | 26.25% | 2019 | 0.59 | 7.27% |

花蓮市地區(經度 121.73° ；緯度 24.1° ；半徑 20 公里；深度 0~30 公里)的平均 b 值為 0.78(2000~2020)。近二十年來的 b 值逐年資料(配合花蓮地震日期，研究採取每年 2 月 4 日至隔年 2 月 3 日)，發現 b 值每年都有波動現象，由圖二十七中可觀測到主要有三個週期波動，約 6~8 年為一個週期。近 20 年來有三次相對較低的時候，分別為：2004 年的 0.54；2010 年的 0.69，2018 年的 0.55。

三、地震可能最大規模變化

(一)、花蓮地震可能最大規模變化

表三、花蓮地震可能最大規模變化(2001/2~2020/4，2020 年資料併入 2019 年)

| 年 | 可能規模 | 年 | 可能規模 |
|------|------|------|------|
| 2001 | 5.6 | 2011 | 5.6 |
| 2002 | 5 | 2012 | 5.5 |
| 2003 | 4.9 | 2013 | 5.2 |
| 2004 | 6.1 | 2014 | 4.7 |
| 2005 | 5.7 | 2015 | 5.7 |
| 2006 | 5.5 | 2016 | 5.8 |
| 2007 | 4.6 | 2017 | 6.4 |
| 2008 | 5.5 | 2018 | 6.5 |
| 2009 | 5.5 | 2019 | 6.0 |
| 2010 | 6.0 | | |

花蓮市地區(經度 121.73° ；緯度 24.1° ；半徑 20 公里；深度 0~30 公里)的地震可能最大規模為 6.5~4.6 之間變動 (2001~2020)。近二十年來的地震可能最大規模逐年資料(配合花蓮地震日期，研究採取每年 2 月 4 日至隔年 2 月 3 日) ，由圖二十九中可觀測到主要有三個週期波動，約 6~8 年為一個週期。近 20 年來有三次相對較高的時候，最大可能的芮氏地震規模分別為：2004 年的 6.1；2010 年的 6.0，2018 年的 6.5。

四、實際地震規模變化

(一)、花蓮實際地震變化

表四、花蓮實際地震規模變化(2001/2~2020/4，2020年資料併入2019年)

| 年 | 規模 | 年 | 規模 |
|------|-----|------|-----|
| 2001 | 5.0 | 2011 | 5.1 |
| 2002 | 4.9 | 2012 | 5.5 |
| 2003 | 5.1 | 2013 | 4.6 |
| 2004 | 5.3 | 2014 | 4.3 |
| 2005 | 5.6 | 2015 | 5.7 |
| 2006 | 5.2 | 2016 | 5.7 |
| 2007 | 4.5 | 2017 | 6.2 |
| 2008 | 5.1 | 2018 | 6.3 |
| 2009 | 5.3 | 2019 | 4.9 |
| 2010 | 5.5 | | |

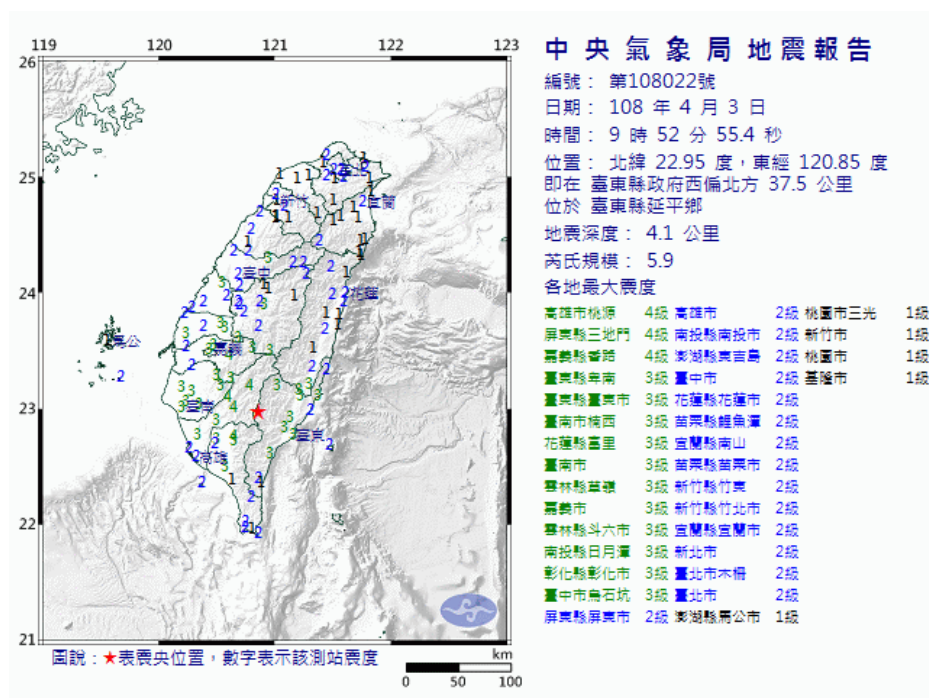
花蓮市地區(經度 121.73°；緯度 24.1°；半徑 20 公里；深度 0~30 公里)的地震可能最大規模為 6.3~4.5 之間變動 (2001~2020)。近二十年來的實際地震規模逐年資料(配合花蓮地震日期，研究採取每年 2 月 4 日至隔年 2 月 3 日)，由圖三十中可觀測到主要有三個週期波動。近 20 年來有三次相對較高的時候，約 6~8 年為一個週期，芮氏地震規模分別為：2005 年的 5.6(2005 年 4 月 30 日)；2010、2012 年的 5.5(2010 年 6 月 15 日、2011 年 2 月 1 日、2012 年 4 月 19 日)；2018 年的 6.3(2019 年 4 月 18 日)

表五、2019 年 4 月 18 花蓮地震後至今芮氏規模變化預估

| 時間 | 地震芮氏規模(M)預估 | 實際最大芮氏規模 |
|--------------------|-------------|---|
| 2019/4/19~202/4/30 | 6.0 | 4.9(2020 年 2 月 26 日) (2020 年 1 月 1 日) (2019 年 5 月 23 日) |

從 2019 年花蓮地震過後，預估地震最大發生規模為 6.0，實際發生 4.9，符合本次估算值。

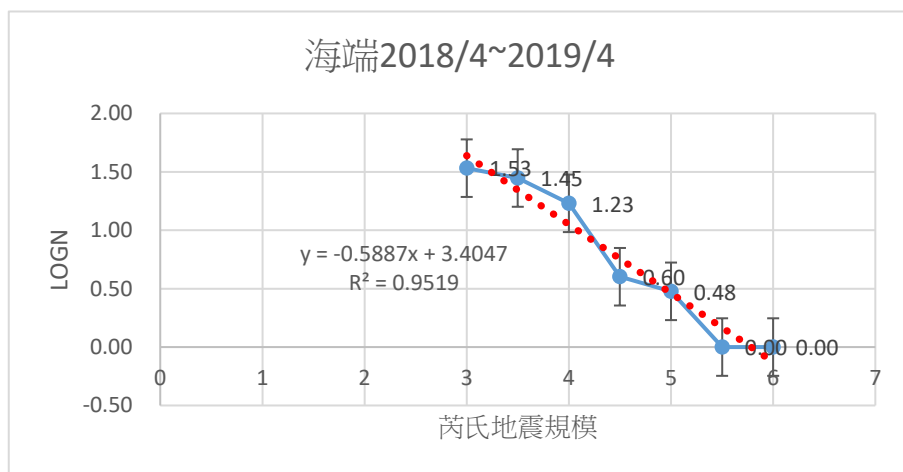
四、應用：2019 年 4 月 3 日台東芮氏規模 5.6 地震



圖三十一

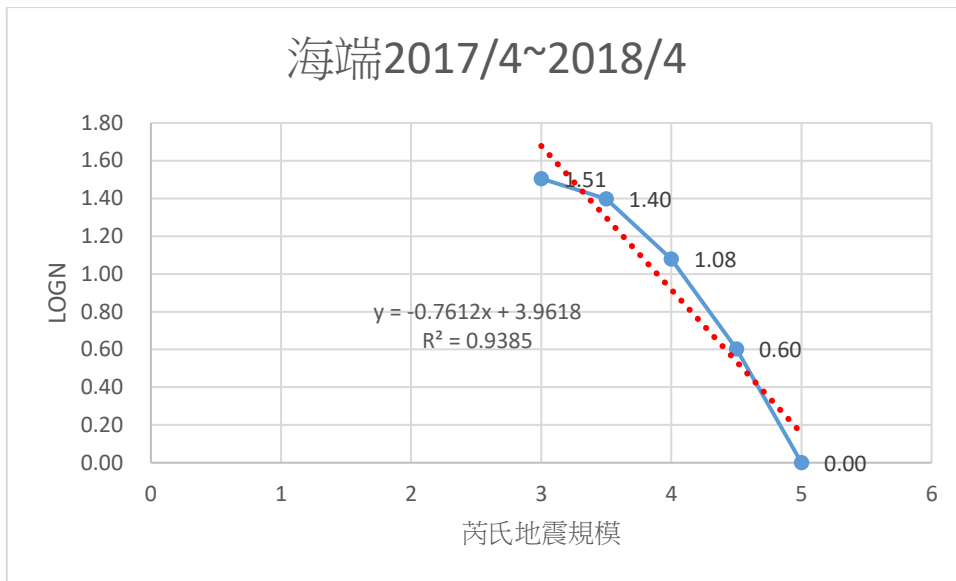
2019 年 4 月 3 日台東與高雄交界發生芮氏規模 5.6，全台有感的地震，不同於 2018 年 2 月花蓮地震，主震之前有許多地震出現的型態。

(一)、2019 年 4 月 3 日地震前 1 年(2018 年 4 月 3 日~2019 年 4 月 3 日)



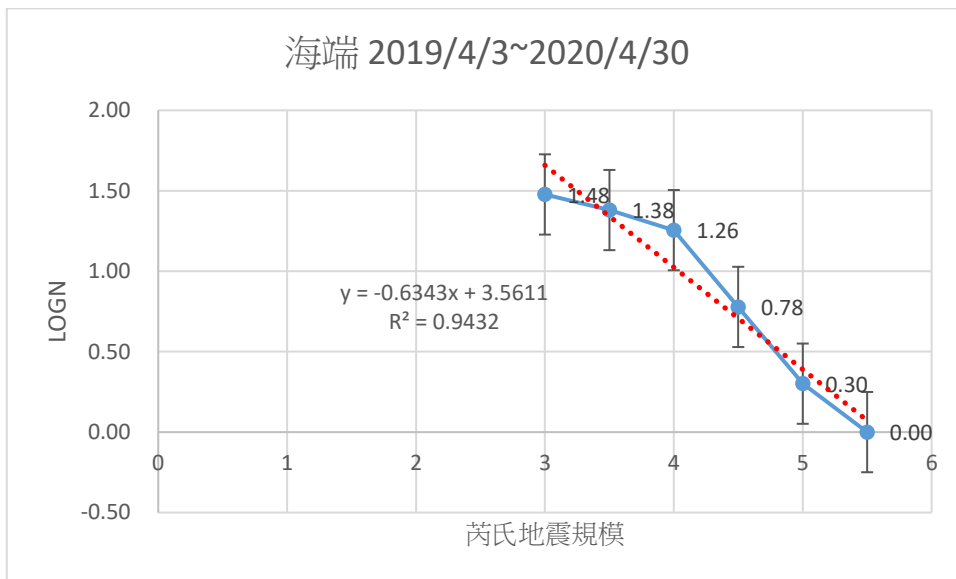
圖三十一 b 值為 0.59、a 值為 3.40、可能最大規模 5.8、實際 5.9

(二)、2019年4月3日地震前2年(2017年4月3日~2018年4月3日)



圖三十二 b 值為 0.76、a 值為 3.96、可能最大規模 5.8、實際 5.2

(三)、2019年4月3日地震後至今(2019年4月3日~2020年4月30日)



(四) a 值變化

表六、a 值變化

| 時間 | a 值 | 變化率% |
|---------|------|--------|
| 台東地震前兩年 | 3.96 | / |
| 台東地震前一年 | 3.40 | -14.14 |
| 台東地震後至今 | 3.56 | 4.71 |

a 值在震前下降代表此區域地震機率降低。與本次研究的花蓮地震，對照表 1，可發現主震前 a 值會下降。

(五) b 值變化

表七、b 值變化

| 時間 | b 值 | 變化率% |
|---------|------|------|
| 台東地震前兩年 | 0.76 | / |
| 台東地震前一年 | 0.59 | -27 |
| 台東地震後至今 | 0.63 | 6.78 |

b 值在震前下降，代表此區域中、大規模地震機率增加，與本次研究的花蓮地震，對照表 3，可發現主震前 b 值會下降。

(六) 地震規模預估

表八、最大可能芮氏規模變化

| 時間 | 地震規模預估 | 實際觀測 |
|----------|----------|----------------|
| 台東地震前兩年前 | 芮氏規模 5.2 | 5.1(2017/11/3) |
| 台東地震前一年 | 芮氏規模 5.8 | 5.9(2019/4/4) |
| 台東地震後至今 | 芮氏規模 5.6 | 5.5(2019/4/4) |

台東海端主震規模預估小於 5.8~5.2，實際發生 5.9，接近預測值。主震發生後至今預估當地地震小於 5.6，實際發生 5.5，接近預測值。

捌、結論

一、a 與 b 值變化涵義

由這次研究中可以得知

表九、a 值與 b 值變化涵義

| a 值 | b 值 | 變化涵義 |
|-----|-----|-----------------|
| 增加 | 增加 | 地震機率增加、小規模地震頻繁 |
| 增加 | 減少 | 地震機率增加、中大規模地震頻繁 |
| 減少 | 增加 | 地震機率減少、小規模地震頻繁 |
| 減少 | 減少 | 地震機率減少、中大規模頻繁 |

二、花蓮市、台東海端、地震震前與近期分析

從表一、表二、表三當中可得知，在主震前 a 值與 b 值會減少。本研究的預測規模大致符合實際觀測數值。因此可以透過古登堡-芮克特的關係式中的 a 值與 b 值，預估未來地震發生的機率與可能發生的規模上限。

因此這次研究可以界定出，在花蓮市與近海一帶，地震數增加時，不只認為地震數增加有助於能量釋放，仍應注意 a 值與 b 值的關係變化。

在花蓮市地區可發現 a 值、b 值、預估與實際發生地震芮氏規模，皆有 6~8 年的波動現象，且四者波動現象吻合。

表十 中大規模地震數值變化

| a 值低點年份 | b 值低點年份 | 預估發生最大規模年份 | 實際發生年份 |
|---------|---------|------------|-----------|
| 2004 | 2004 | 2004 | 2005 |
| 2012 | 2012 | 2010、2012 | 2010~2012 |
| 2018 | 2018 | 2018 | 2018 |

近年花蓮市 a 值、b 值有在減少趨勢，最大規模預估為 6.0，可能再發生規模 5.0~5.9 左右的地震，應多加留意。今年的地震資料也須持續觀察，研究地震規模變化是否又要進入下一週期。

台東海端在主震後 a 值、b 值維持不變，最大規模預估為 5.6，此區域要注意是否有規模 5.0 左右的地震發生。

四、未來展望

本次研究探討 2018 年 2 月與 2019 年 4 月的花蓮地震、2019 年 4 月台東海端地震，全臺地震減少是否跟大地震有關的推估；與建立台灣各區域的古登堡-芮氏克特的關係式，並能即時更新資訊，是我們未來想要研究的部分。

玖、參考文獻

一、中文期刊論文

- (一)王錦華、謝昭輝、詹軍威、李白華，1990：瑞穗地區之地震定位探討研究，中央氣象局氣象學報，36，197-208 頁。
- (二)辛在勤，1992：中央氣象局地震監測網資料對臺灣地震活動的研究。中央氣象局氣象學報，38，23-48 頁
- (三)辛在勤、張建興、江嘉豪，1994：1991 年 3 月佳里地震序列的研究，中央氣象局氣象學報，40，17-36 頁
- (四)陳朝輝、呂佩玲、蕭文啟、戴一明，2018：台灣西南部由 b 值探求大型地震回復週期。
- (五)吳逸民，2012：2011 年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報第 50 卷第 1 期。

二、英文期刊論文

- (一) *Gutenberg, B.; Richter, C. F. (1954), Seismicity of the Earth and Associated Phenomena(2nd ed.), Princeton University Press, 310p.*

三、中文書籍

- (一)王鑫 (總編) (2019)。基礎地球科學(上)。新北市。南一書局。
- (二)李通譯 (主編) (2019)。基礎地球科學(上)。新北市。康熙文化。

四、網路資源

- (一)中央氣象局·地震活動彙整·取自：
https://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtd_eq.htm
- (二)USGS 地震·取自：
<https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards>
- (三)葉瓊蔓·以地震 b 值及 z 值分析台灣地區大地震發生的前兆·取自：
<http://web.fg.tp.edu.tw/>

【評語】 051902

本作品沿用描述地震規模與地震次數相關性的 Gutenberg-Richer 方程式，求得式中適用於花蓮地區地震資料之 a 與 b 兩係數值，以推測該地區未來可能發生地震之規模。本研究中央採用氣象局的地震目錄、探討 2018、2019 花蓮地震及台東海端地震前後的 a 值與 b 值變化。資料處理亦為合理且仔細，結果於地震預警有參考價值。唯地震的成因及演化趨勢預估尚受其他物理因數影響，期待本研究之後續研究能夠加入更多地質學及地震學原理的觀點來探討及解釋地震發生趨勢，期待可獲得更重要的貢獻。

摘要

本次研究使用中央氣象局地震紀錄、MicrosoftExcel，探討花蓮、台東海端、高雄美濃地震前後的a與b值變化。從古登堡-芮克特關係式中發現主震發生前a、b值有下降趨勢，並能預估可能發生的最大規模。實驗中我們將觀測資料與古登堡-芮克特關係式比較，發現實驗迴歸線的a值、b值、最大規模預估等符合實際觀測，並對未來這三地的地震做出預估。

壹、研究動機

2018年2月6日的花蓮地震，主震發生前有許多小規模地震發生，高中地球科學課本天然災害章節所述，地震是釋放能量的表現。但緊接地震後發生的卻是芮氏規模6.2的大地震，釋放一連串的能量後卻引發了規模更大的地震，讓我們對此現象感到疑惑。近年媒體常報導地震數量變化可能是大地震的徵兆，此徵兆沒有統一的定論。在查詢文獻時，發現古登堡-芮克特定律，於是我們嘗試把此定律用於解釋花蓮地震與其它地區的地震。

貳、研究目的

- 一、利用古登堡-芮克特的關係式來找出地震a、b值與地震的關係
- 二、利用中央氣象局的地震資料來探討花蓮地震前後的a、b值變化
- 三、利用古登堡-芮克特關係式估算可能發生地震的規模

參、研究設備及器材

- 一、中央氣象局地震資料
- 二、MicrosoftExcel

肆、研究過程和方法

觀察地震報導、
討論研究主題

文獻探討
蒐集文獻

蒐集地震資料(中央氣象局)以2次花蓮地震震央為圓心(經度 121.73° 緯度 24.1°)，半徑20公里為區域，搜集此範圍內2000~2020年4月，芮氏地震規模大於等於2.8，深度0~30公里，共2000筆地震資料。

分析地震資料

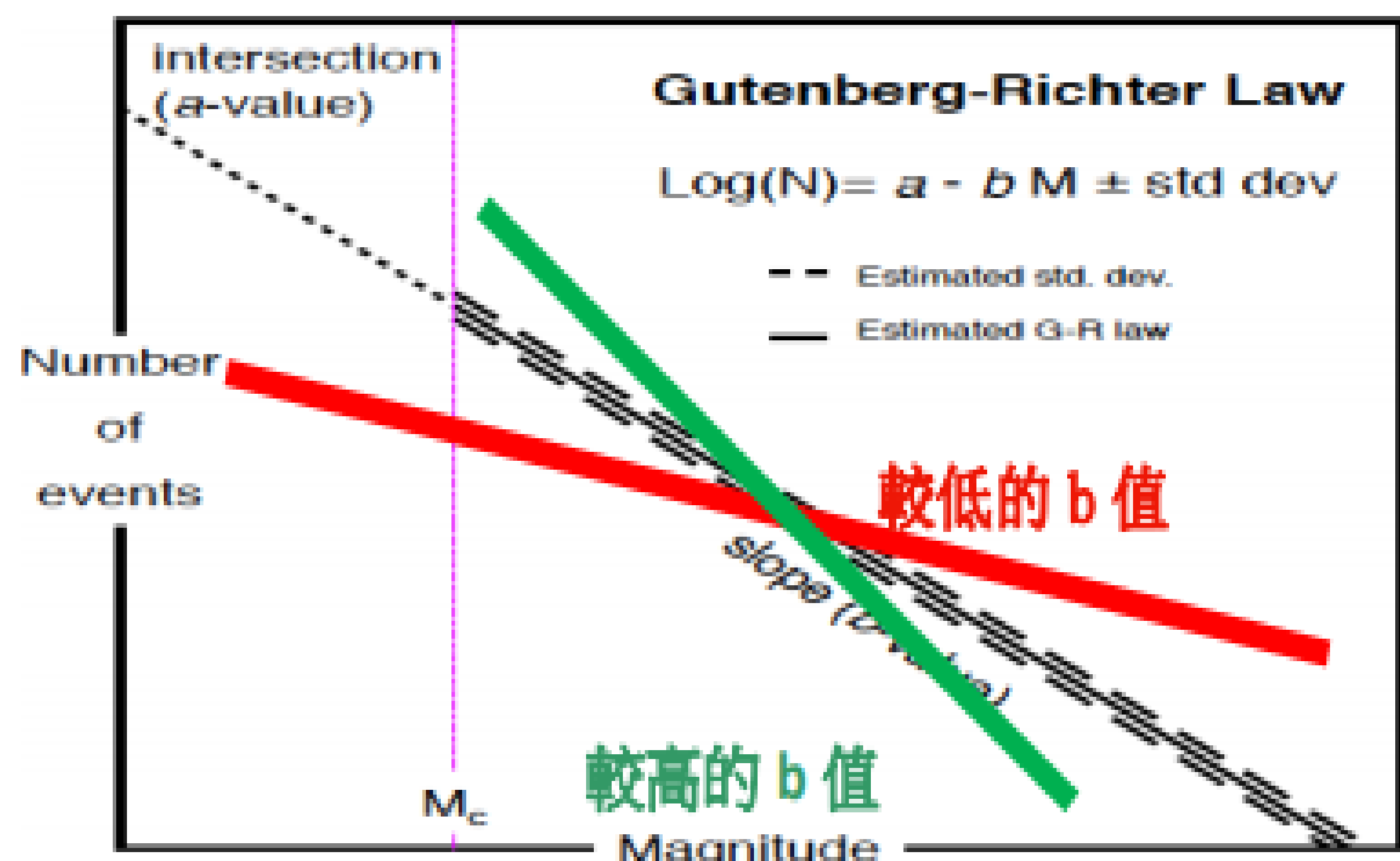
用古登堡-芮克特關係式與Microsoft Excel分析資料，蒐集主震發生前後的紀錄，分段分析a值、b值變化與規模的關係。
以規模為X軸，logN為Y軸，畫出關係曲線，再計算出迴歸線，從迴歸直線上求得b值，即迴歸直線斜率。

結果討論

從迴歸線上比對a、b值與規模變化，
並得出結論

伍、文獻探討

一、古登堡-芮克特關係式



1. X軸為芮氏規模，Y軸為某規模以上地震次數
2. 假設Y為0時，可求得此地可能發生的最大地震規模。
3. 假設X為0時，可求得此地的總地震次數。
4. 紅線：當b值(斜率)降低時：此地可能發生的最大地震規模上升；地震次數減少(a值下降)
5. 綠線：當b值(斜率)上升時：此地可能發生的最大地震規模下降；地震次數增加(a值上升)

圖一 B值變化與地震規模關係式(Gutenberg, B. &Richter, C. F. 1954)

二、台灣當地過去的G-R 關係研究 過去的研究顯示(陳朝輝等, 2018), 臺灣地區平均b 值為 0.9。也就是b值低於0.9的區域容易發生中大規模的地震, 本次挑選的花蓮市地區其b值小於0.9, 容易發生大地震, 近年來2018、2019年也都發生規模大於6.0的地震, 造成嚴重損失, 因此選定此區域進行研究。

三、研究限制

1. 本次研究挑選的區域為花蓮市地區(經度 121.73°, 緯度 24.1°), 半徑20公里為區域, 搜集此範圍內2000~2020年4月, 芮氏地震規模大於等於2.8, 深度0~30公里的極淺源地震。
2. 花蓮地震為逆斷層構造, 根據研究(陳朝輝等, 2018), 正逆斷層的b值型態不盡相同。
3. 受限於觀測紀錄的完整性, 因此只挑選芮氏地震規模大於2.8的地震資料進行分析。

陸、結果與討論

1. 2018年2月6日花蓮地震前20年

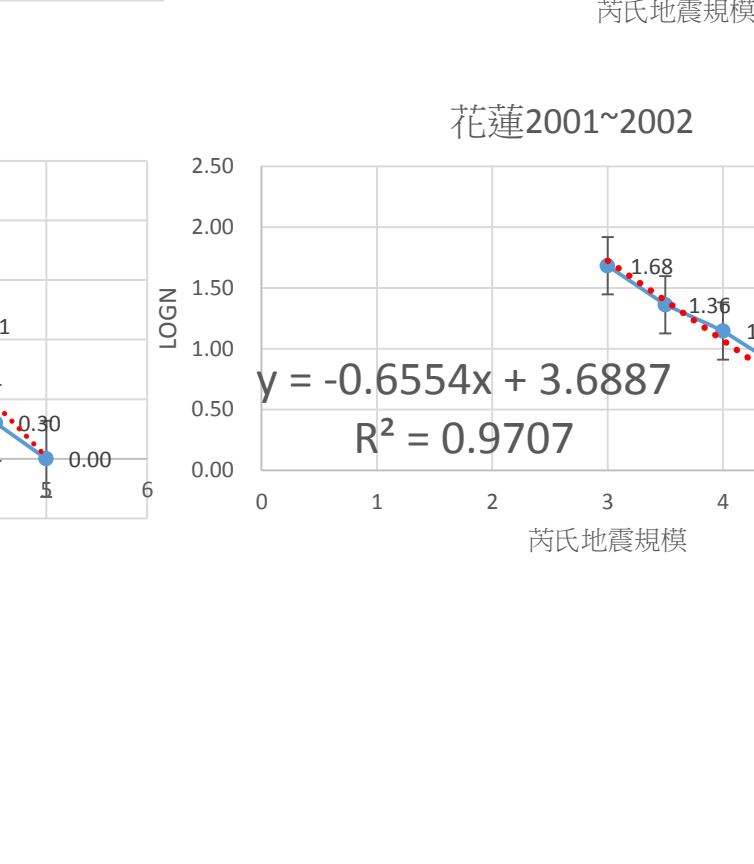
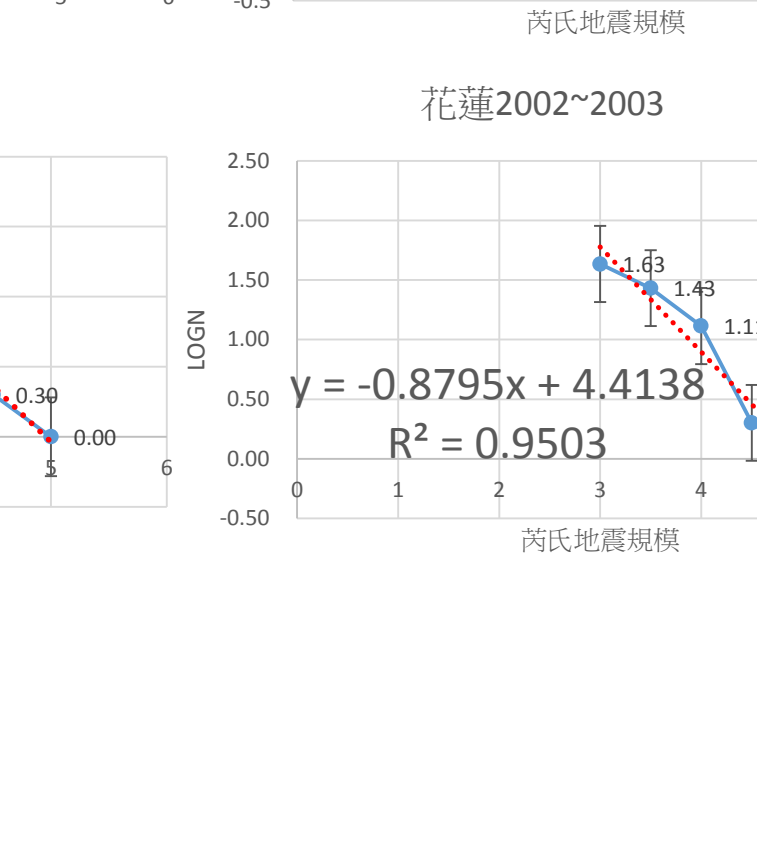
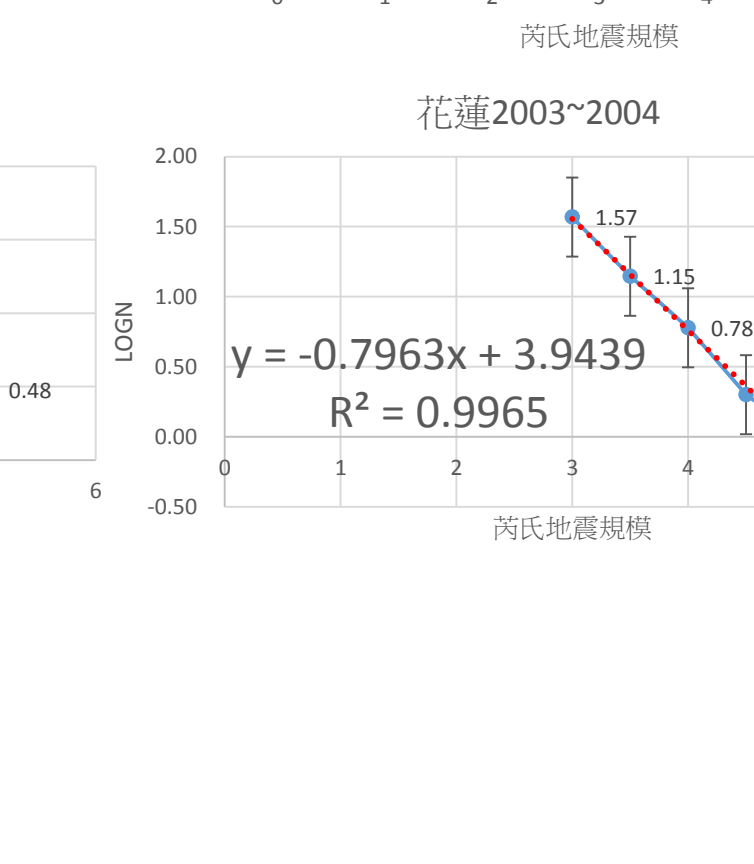
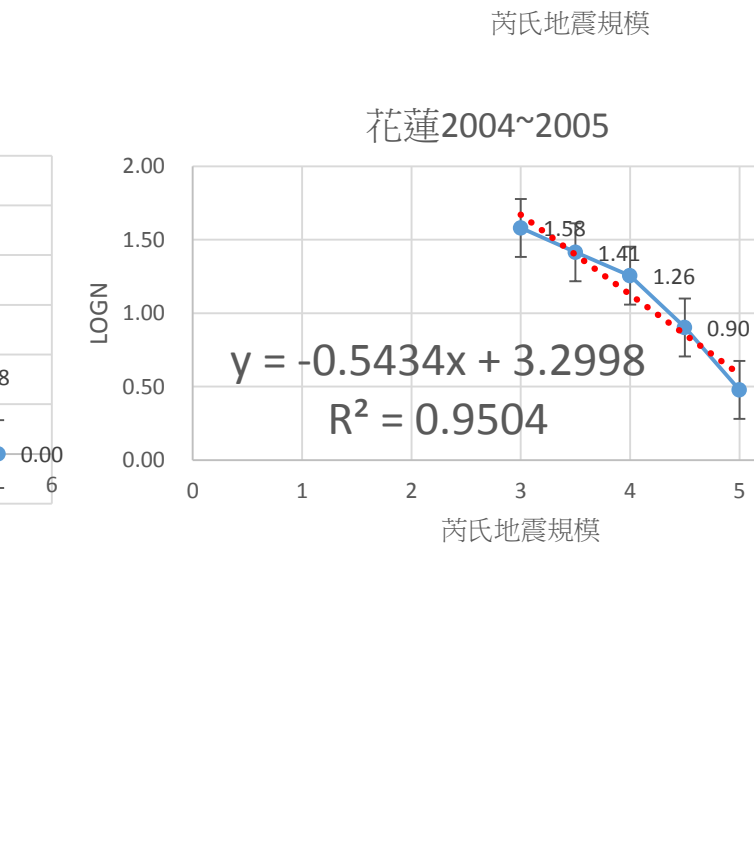
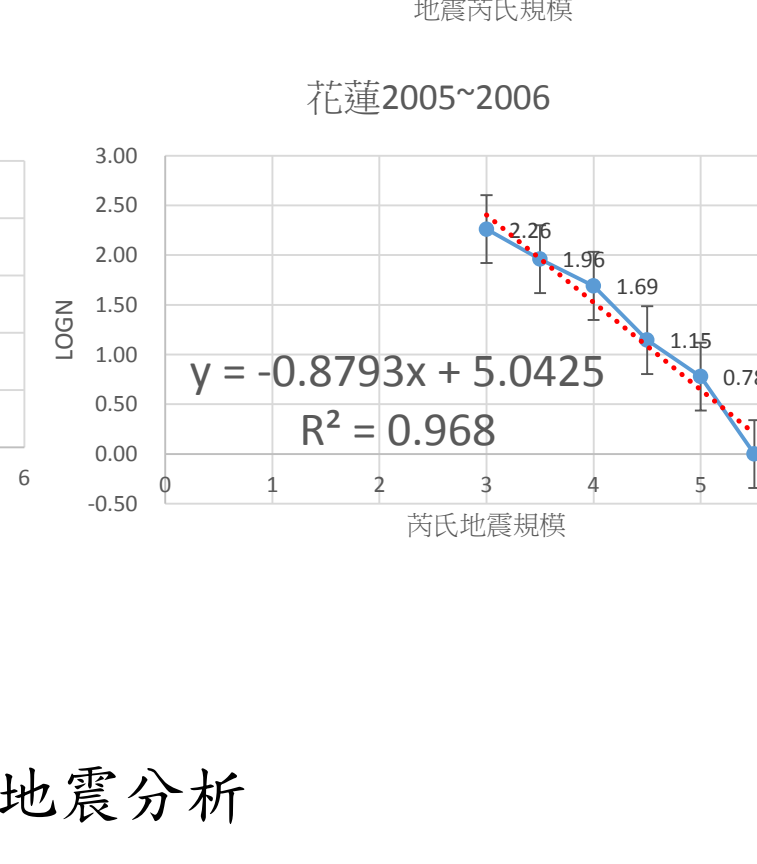
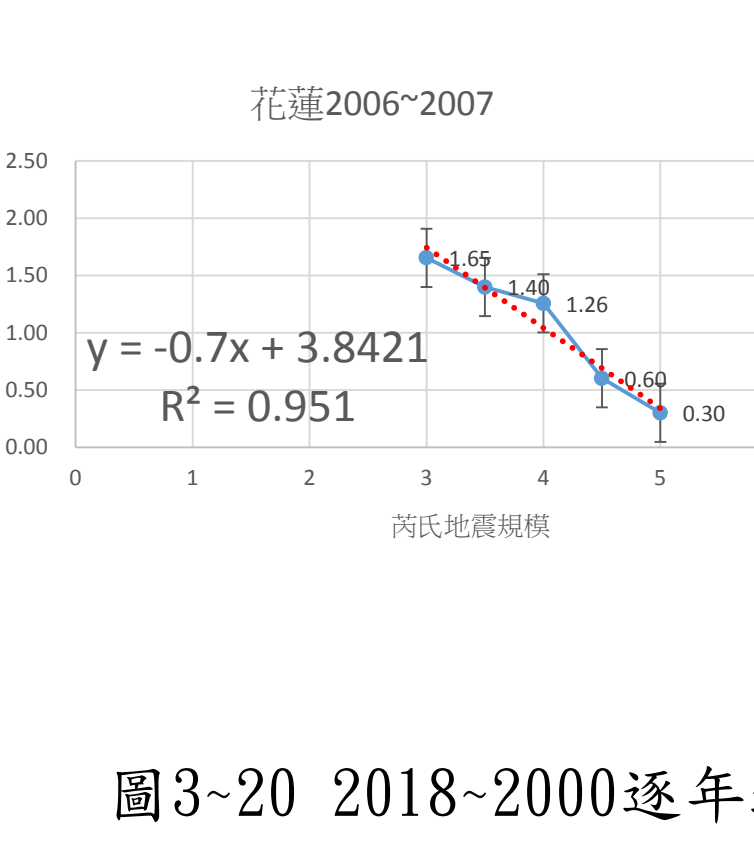
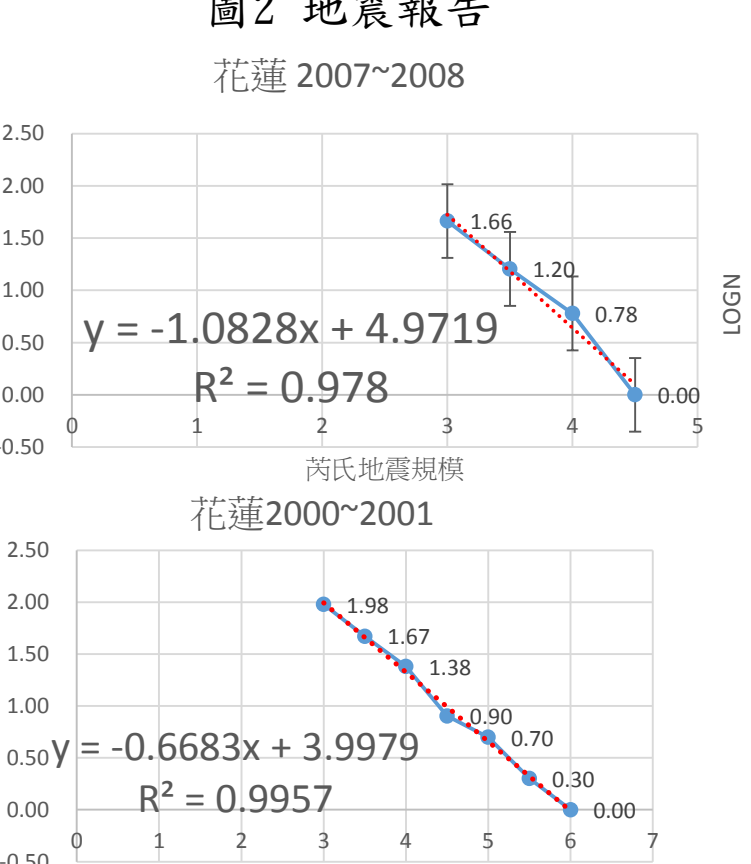
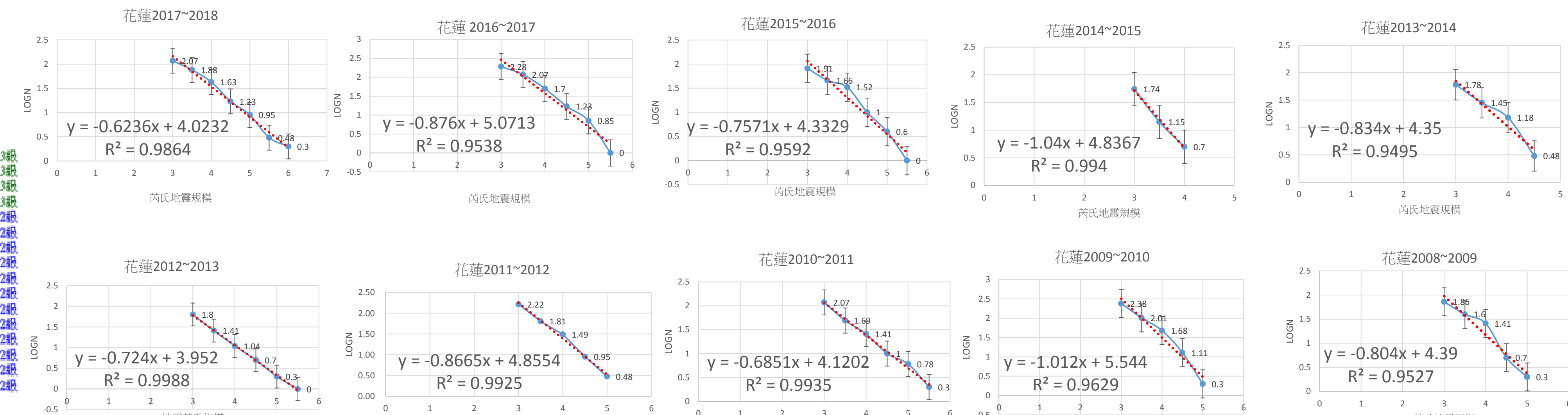
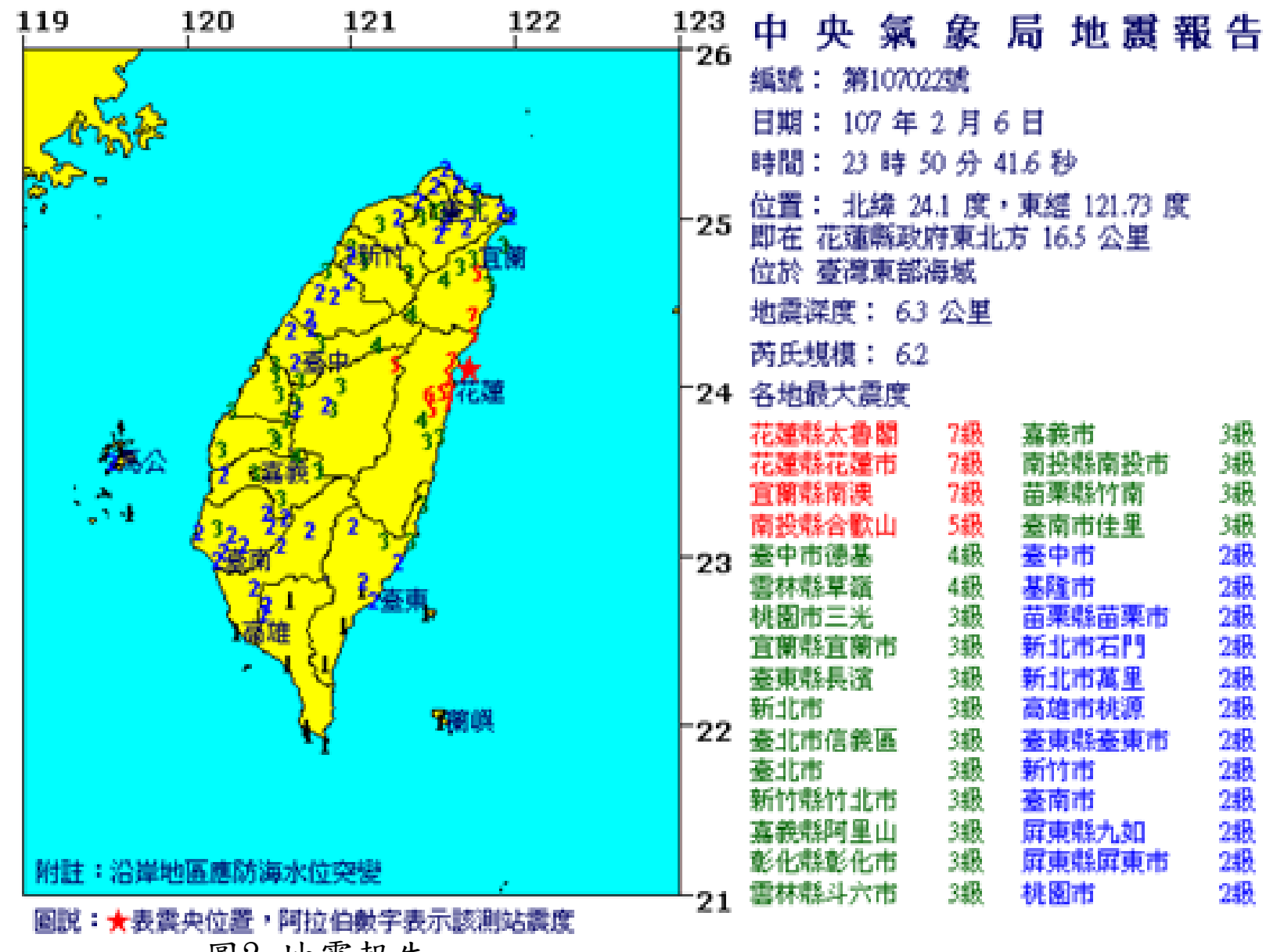


圖3~20 2018-2000逐年地震分析

2. 2019年4月18日花蓮地震前1年至2020年4月

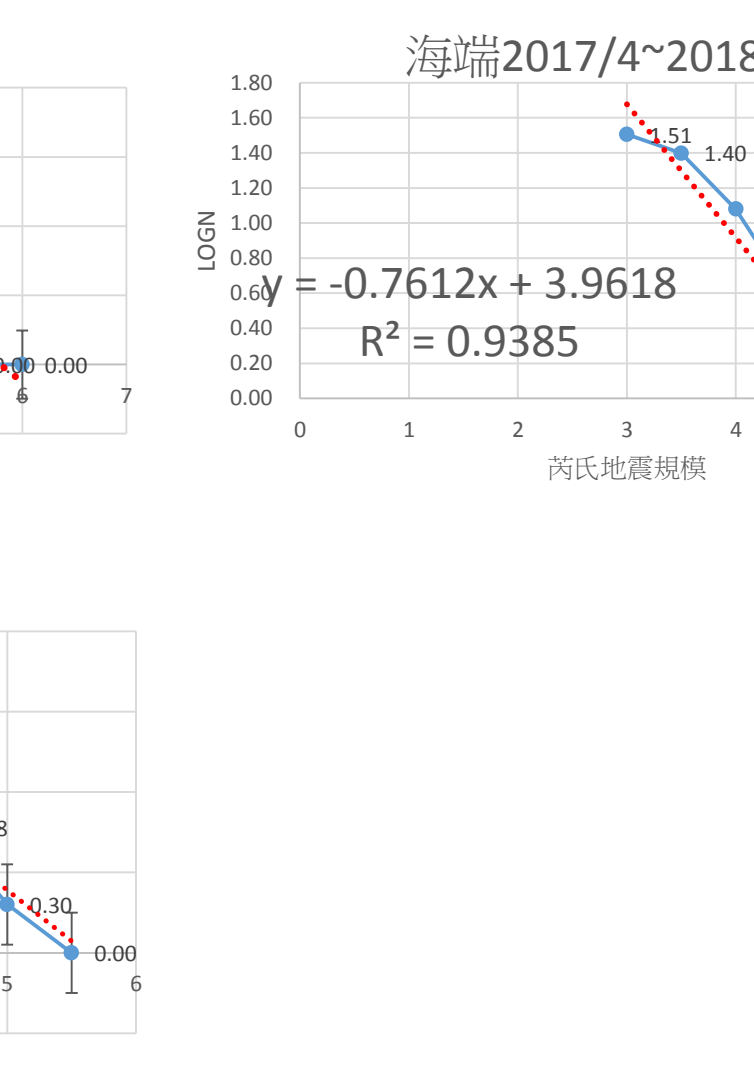
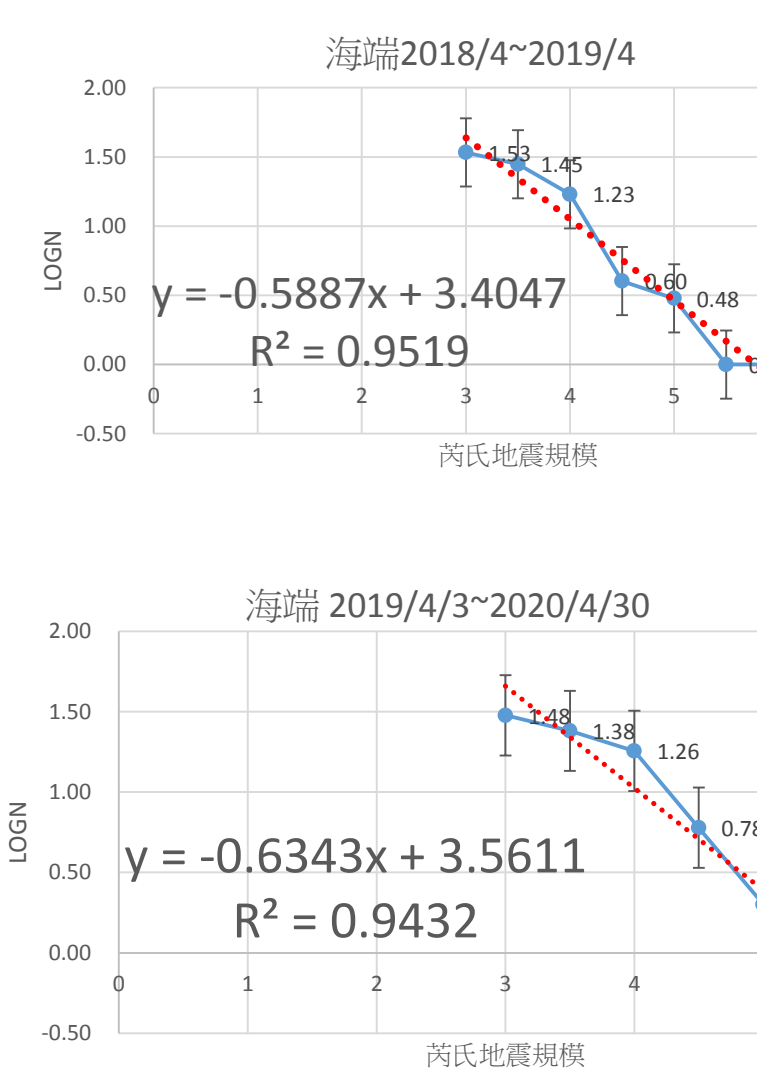
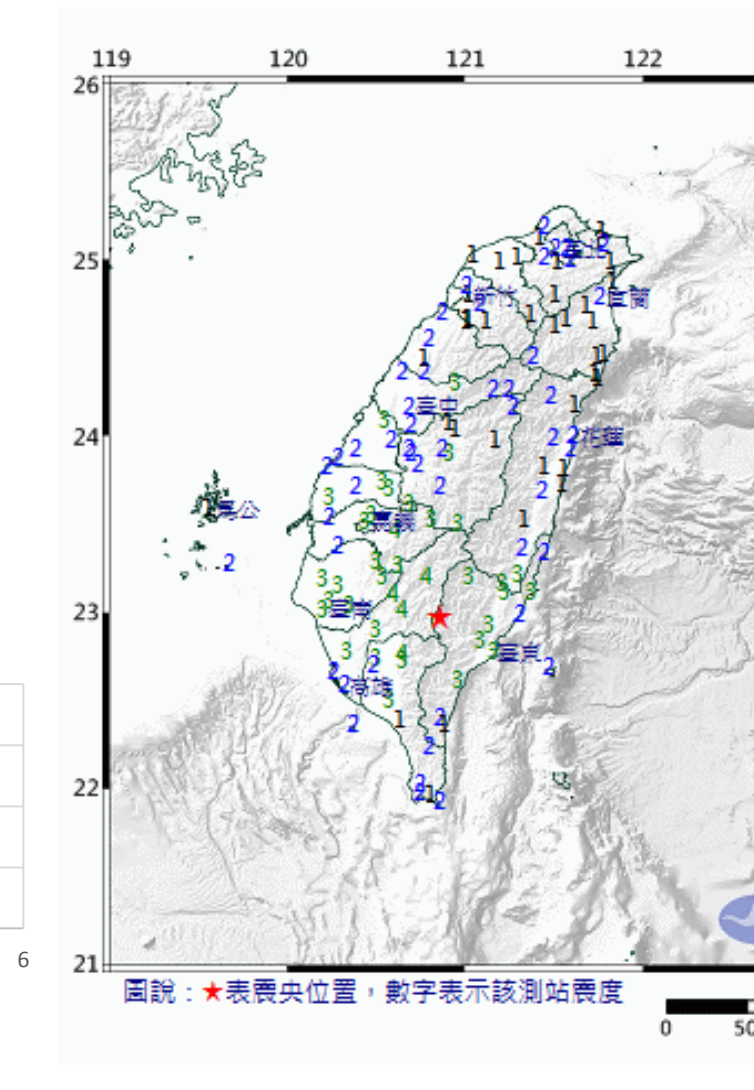
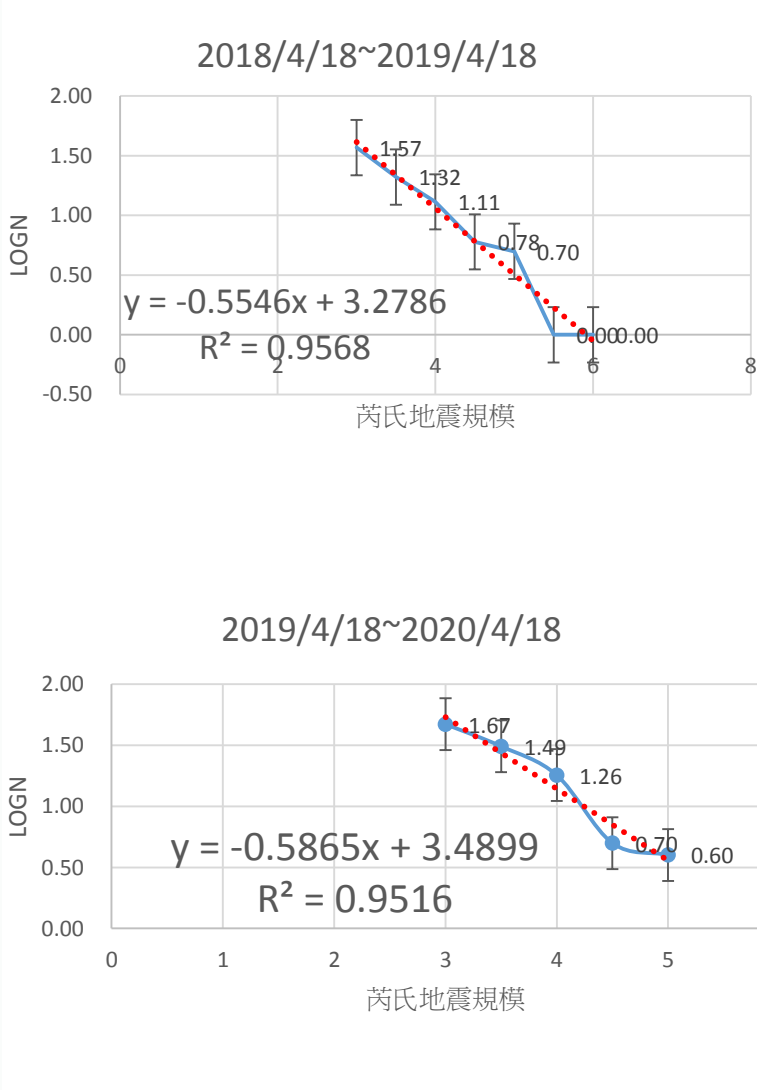
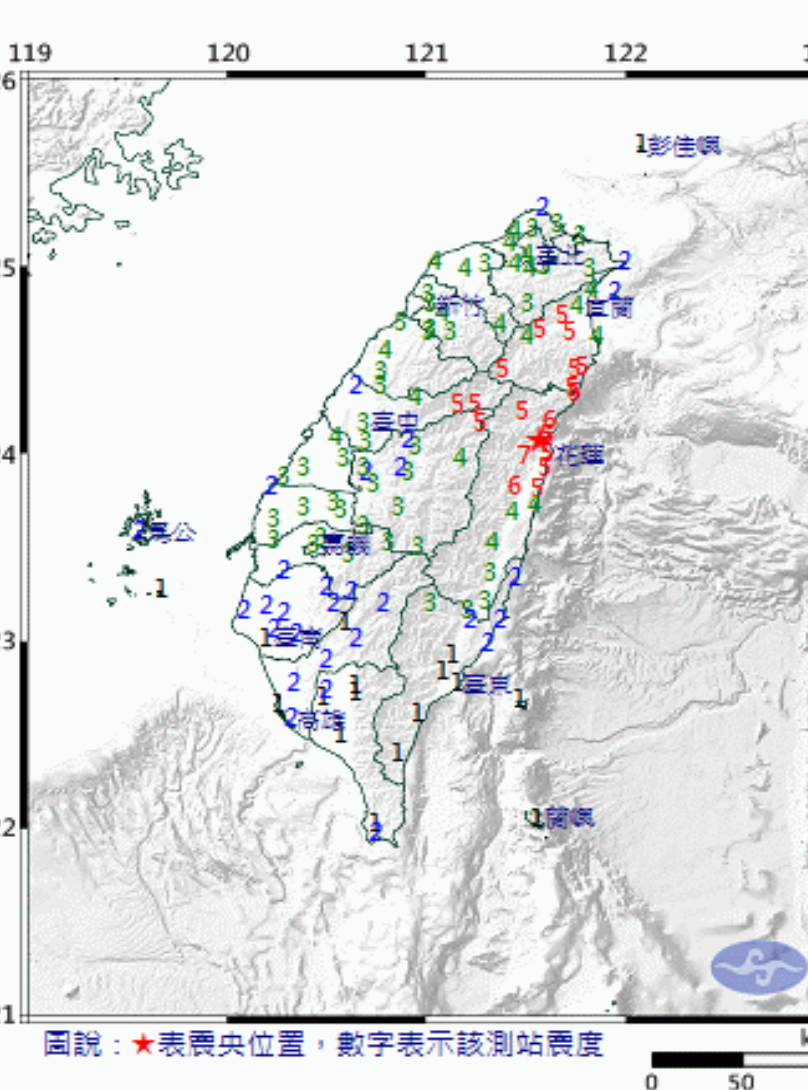


圖21 2019花蓮地震報告

圖22-23 2018-2019花蓮地震分析

圖24 2019海端地震報告

圖25-27 2018-2020/海端地震逐年分析

4. 花蓮 2000至2020年四月b值變化

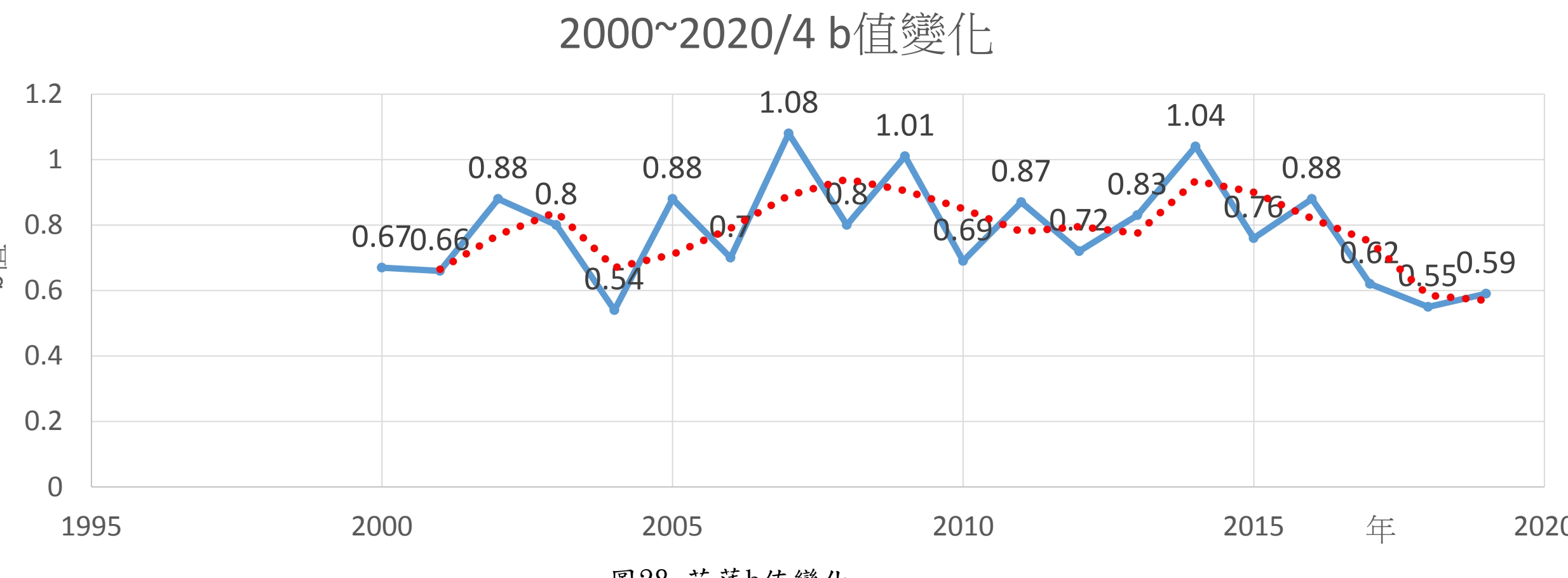


圖28 花蓮b值變化

5. 花蓮 2000至2020年四月a值變化

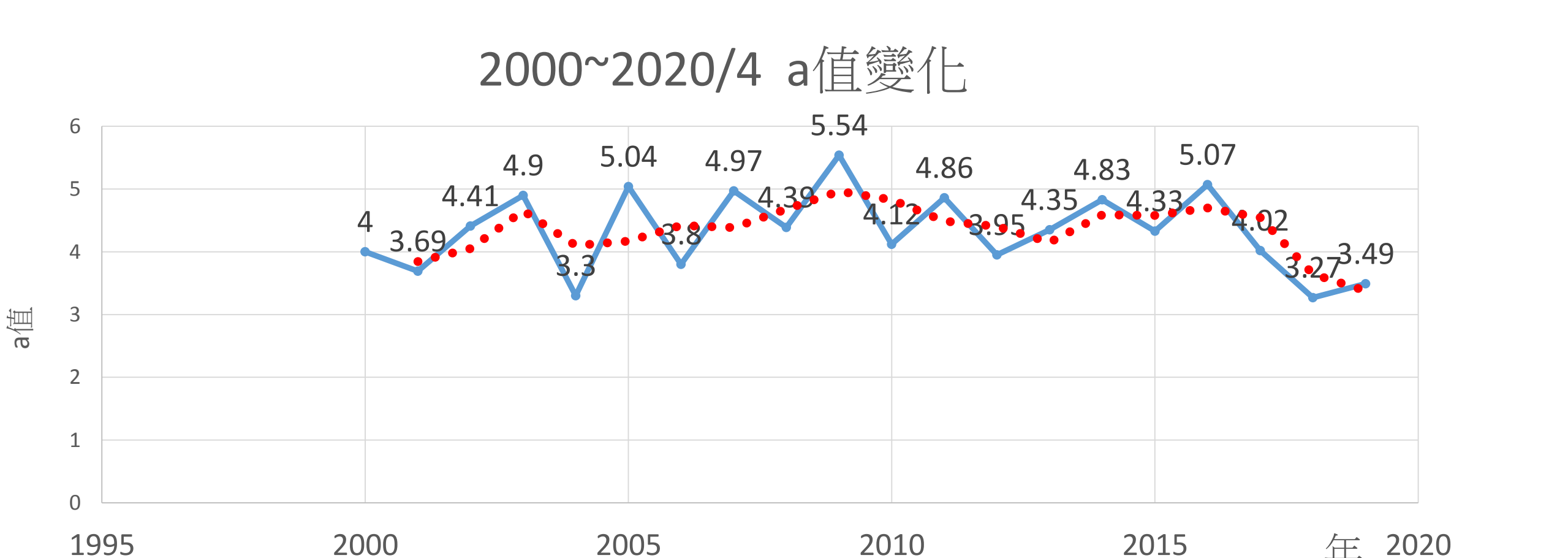


圖29 花蓮a值變化

6. 花蓮2000至2020年四月可能最大規模變化

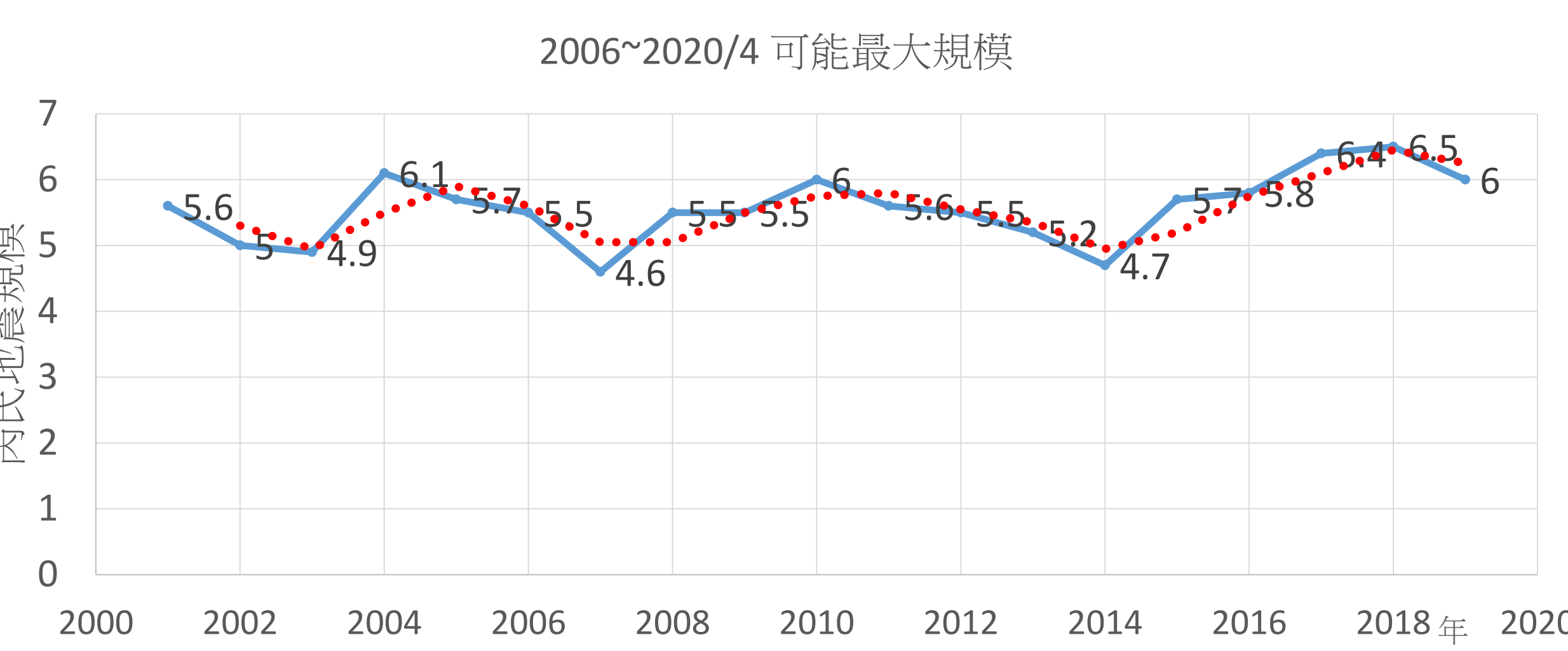


圖30 2000-2020/4花蓮可能地震規模變化

7. 花蓮 2001至2020年每年發生最大地震規模

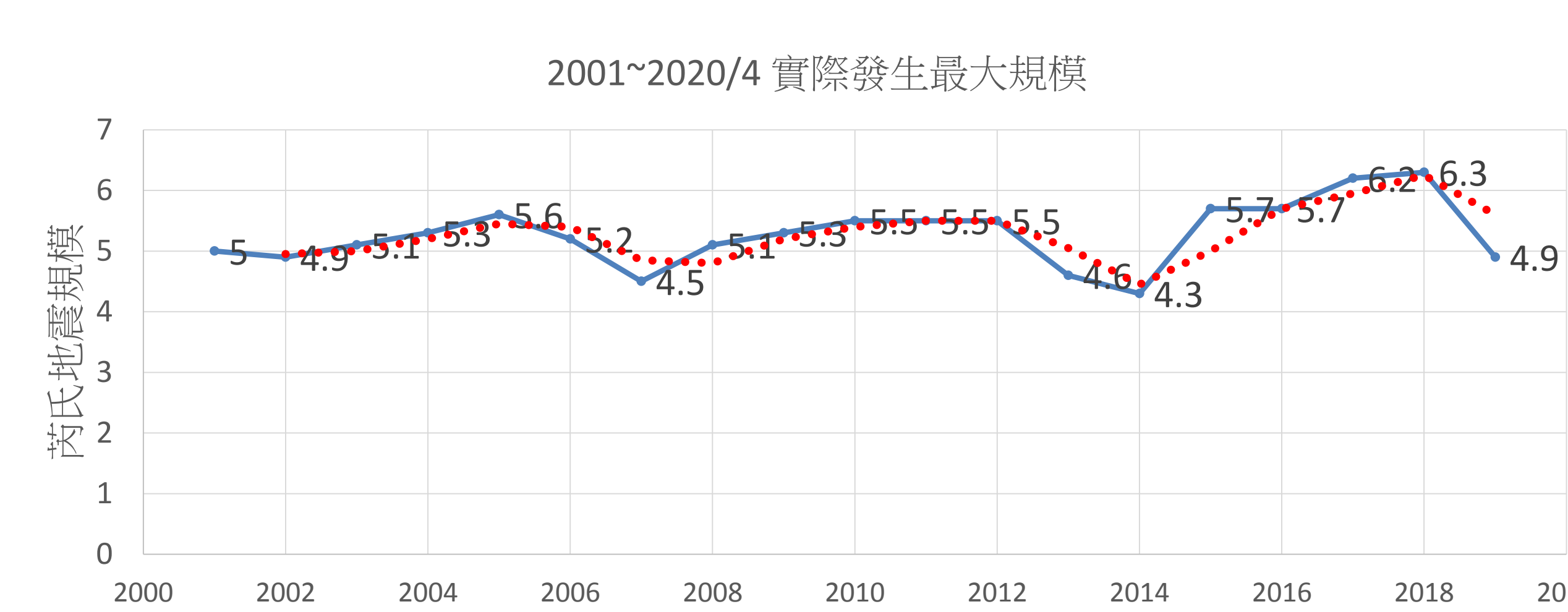


圖31 2000-2020/4花蓮實際地震規模變化

柒、結果與討論

一、花蓮a值變化

| 年 | a值 | 變化率(%) | 年 | a值 | 變化率(%) |
|------|------|--------|------|------|--------|
| 2000 | 4 | X | 2010 | 4.12 | -25.63 |
| 2001 | 3.69 | -7.75 | 2011 | 4.86 | 17.96 |
| 2002 | 4.41 | 19.51 | 2012 | 3.95 | -23.89 |
| 2003 | 4.9 | 11.11 | 2013 | 4.35 | 10.13 |
| 2004 | 3.3 | -32.65 | 2014 | 4.83 | 11.03 |
| 2005 | 5.04 | 52.73 | 2015 | 4.33 | -10.35 |
| 2006 | 3.8 | -24.60 | 2016 | 5.07 | 17.09 |
| 2007 | 4.97 | 30.79 | 2017 | 4.02 | -20.71 |
| 2008 | 4.39 | -11.67 | 2018 | 3.27 | -18.66 |
| 2009 | 5.54 | 26.20% | 2019 | 3.49 | 6.73 |

發現a值每年都有波動現象，可觀測到主要有三個週期波動，近20年來有三次相對較低的時候，分別為：2004年的3.3；2012年的3.95，2018年的3.27。代表這些年發生的地震次數偏少。約6~8年為一個週期。從2019年4月18日的花蓮至今(2020年4月)的值3.49，還未恢復到平均值，代表仍有能量未釋放。

二、花蓮b值變化

| 年 | B值 | 變化率(%) | 年 | B值 | 變化率(%) |
|------|------|--------|------|------|--------|
| 2000 | 0.67 | X | 2010 | 0.69 | -31.68 |
| 2001 | 0.66 | -1.49 | 2011 | 0.87 | 26.08 |
| 2002 | 0.88 | 33.33 | 2012 | 0.72 | -20.88 |
| 2003 | 0.8 | -9.09 | 2013 | 0.83 | 15.28 |
| 2004 | 0.54 | -32.50 | 2014 | 1.04 | 25.30 |
| 2005 | 0.88 | 62.96 | 2015 | 0.76 | -26.92 |
| 2006 | 0.7 | -20.45 | 2016 | 0.88 | 15.79 |
| 2007 | 1.08 | 54.29 | 2017 | 0.62 | -29.55 |
| 2008 | 0.8 | -25.93 | 2018 | 0.55 | -11.29 |
| 2009 | 1.01 | 26.25 | 2019 | 0.59 | 7.27 |

近二十年來的b值逐年資料(配合花蓮地震日期，研究採取每年2月4日至隔年2月3日)，發現b值每年都有波動現象，可觀測到主要有三個週期波動，約6~8年為一個週期。近20年來有三次相對較低的時候，分別為：2004年的0.54；2010年的0.69，2018年的0.55。

三、花蓮地震歸納與實際規模變化

花蓮市地區的地震可能最大規模為6.5~4.6之間變動(2001~2020)。近二十年來的地震可能最大規模逐年資料(配合花蓮地震日期，研究採取每年2月4日至隔年2月3日)

| 年 | 可能規模 |
|------|------|
| 2001 | 5.6 |
| 2002 | 5 |
| 2003 | 4.9 |
| 2004 | 6.1 |
| 2005 | 5.7 |
| 2006 | 5.5 |
| 2007 | 4.6 |
| 2008 | 5.5 |
| 2009 | 5.5 |
| 2010 | 6.0 |

| 年 | 可能規模 |
|------|------|
| 2011 | 5.6 |
| 2012 | 5.5 |
| 2013 | 5.2 |
| 2014 | 4.7 |
| 2015 | 5.7 |
| 2016 | 5.8 |
| 2017 | 6.4 |
| 2018 | 6.5 |
| 2019 | 6.0 |

| 年 | 實際規模 |
|------|------|
| 2001 | 5.0 |
| 2002 | 4.9 |
| 2003 | 5.1 |
| 2004 | 5.3 |
| 2005 | 5.6 |
| 2006 | 5.2 |
| 2007 | 4.5 |
| 2008 | 5.1 |
| 2009 | 5.3 |
| 2010 | 5.5 |

| 年 | 實際規模 |
|------|------|
| 2011 | 5.1 |
| 2012 | 5.5 |
| 2013 | 4.6 |
| 2014 | 4.3 |
| 2015 | 5.7 |
| 2016 | 5.7 |
| 2017 | 6.2 |
| 2018 | 6.3 |
| 2019 | 4.9 |

主要有三個週期波動，約6~8年為一個週期。近20年來有三次相對較高的時候，最大可能的芮氏地震規模分別為：2004年的6.1；2010年的6.0，2018年的6.5。

可觀測到主要有三個週期波動。近20年來有三次相對較高的時候，約6~8年為一個週期，芮氏地震規模分別為：2005年的5.6(2005年4月30日)；2010、2012年的5.5(2010年6月15日、2011年2月1日、2012年4月19日)；2018年的6.3(2019年4月18日)

4. 2019年4月3日台東海端地震至今比較

| 時間 | a值 | 變化率% |
|---------|------|--------|
| 台東地震前兩年 | 3.96 | / |
| 台東地震前一年 | 3.40 | -14.14 |
| 台東地震後至今 | 3.56 | 4.71 |

| 時間 | b值 | 變化率% |
|---------|------|------|
| 台東地震前兩年 | 0.76 | / |
| 台東地震前一年 | 0.59 | -27 |
| 台東地震後至今 | 0.63 | 6.78 |

| 時間 | 地震規模預估 | 實際觀測 |
|----------|---------|----------------|
| 台東地震前兩年前 | 芮氏規模5.2 | 5.1(2017/11/3) |
| 台東地震前一年 | 芮氏規模5.8 | 5.9(2019/4/4) |
| 台東地震後至今 | 芮氏規模5.6 | 5.5(2019/4/4) |

捌、結論

一、a與b值變化涵義

| a值 | b值 | 變化涵義 |
|----|----|-----------------|
| 增加 | 增加 | 地震機率增加、小規模地震頻繁 |
| 增加 | 減少 | 地震機率增加、中大規模地震頻繁 |
| 減少 | 增加 | 地震機率減少、小規模地震頻繁 |
| 減少 | 減少 | 地震機率減少、中大規模頻繁 |

二、花蓮市、台東海端、地震震前與近期分析

- 1.主震前a、b值都會減少。本研究歸納規模大致符合觀測數值。
- 2.近期花蓮市a、b值有減少趨勢，最大規模預估為5.4，可能再發生規模5.4左右的地震，應多加觀察。
- 3.台東海端在主震後a、b值尚未回復到2年前的狀態，要觀察是否有規模5.6的地震。

三、未來展望

建立台灣各區域的古登堡-芮克特的關係式，並能即時更新資訊，是我們未來想要研究的部分。

玖、參考文獻

一、中文期刊論文

- (一)王錦華、謝昭輝、詹軍威、李白華，1990：瑞穗地區之地震定位探討研究，中央氣象局氣象學報，36，197-208頁。
- (二)辛在勤，1992：中央氣象局地震監測網資料對臺灣地震活動的研究。中央氣象局氣象學報，38，23-48頁
- (三)辛在勤、張建興、江嘉豪，1994：1991年3月佳里地震序列的研究，中央氣象局氣象學報，40，17-36頁
- (四)陳朝輝、呂佩玲、蕭文啟、戴一明，2018：台灣西南部由b值探求大型地震回復週期。
- (五)吳逸民，2012：2011年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報第50卷第1期。

二、英文期刊論文

- (一) Gutenberg, B.; Richter, C. F. (1954), *Seismicity of the Earth and Associated Phenomena* (2nd ed.), Princeton University Press, 310p.

三、中文書籍

- (一)王鑫(總編)(2019)。基礎地球科學(上)。新北市。南一書局。
- (二)李通譯(主編)(2019)。基礎地球科學(上)。新北市。康熙文化。

四、網路資源

- (一)中央氣象局•地震活動彙整•取自：
https://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtd_eq.htm
- (二)USGS地震•取自：
<https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards>
- (三)葉瓊蔓•以地震b值及z值分析台灣地區大地震發生的前兆•取自：
<http://web.fg.tp.edu.tw/>