

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

030501

致命的吸引力-臺灣地震與月亮仰角及潮汐之相
關性研究

學校名稱：彰化縣立溪陽國民中學

作者： 國三 鄭金意 國三 洪堉彰	指導老師： 黃聖賢 周元璋
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：地震、月球引力、潮汐

摘 要

本組以中央氣象局地歷年芮氏 3 以上地震做中、強度地震發生時間點分析月亮仰角及潮汐。月亮仰角以上升月仰角 30 度內最多占 16%。潮汐：強震發生在乾、滿潮及漲潮 2-4 時內在 26-27% 強。故強震受潮汐影響，53% 發生在漲潮 2-4 時內，是受月球引力作用力及反作用力影響，在滿、乾潮發生時引力造成板塊推擠拉扯引發地震機率大。

近年強震較過去 108 年增近 2 倍。以民 99 年最多，98 年和 101 年的總地震超過 750 次，中級地震「月沒到 3 時」達 16%，與海平面上升引力相關性堪究。民 98 年近日點與遠日點地震合計 48%，在近日點與遠日點地震機率高，推測近日點是月球和太陽引力交互作用；遠日點受月球引力相對變大，雖減萬有引力但月球引力及潮汐影響相對較太陽大。

壹、研究動機

在上地球科學課探討到月球引力的研究，發現月球的引力會影響潮汐，而地殼是否會像潮汐一樣有漲退的現象，地殼漲退是否也被月球引力所牽引？潮汐是否有可能將地球上的地殼和潮汐對歷史上發生的地震有一些相關？臺灣強震是否與月球仰角有關？在月出前或某仰角內是否發生強震機率較高？從歷史強震發生的農曆日期推算當時潮汐情形的統計，強震發生在滿潮時機率如何？

在 107 年 2 月 6 日發生花蓮大地震，當時是農曆 12 月 21 日半夜接近 11 點 50 分，不知當時月亮仰角約幾度？或是月亮根本不在黑夜出現？而地震發生時，潮汐漲退狀況如何呢？跟發生在民國 88 年的 921 南投集集大地震一樣，都是發生在夜晚凌晨時，大地震發生的時間都在夜晚嗎？是否可推估月亮發生地震的時候在哪裡？月亮仰角是多少度呢？

我們看了 2011 年 3 月 11 日的報紙報導中提到日本發生地震時有學者質疑是「超級月亮」引起地殼移動，併發海嘯，造成嚴重的國際災難，隔一個月日本又發生七級強震。而在日本超級強震前一天（3 月 10 日）雲南大地震也造成嚴重傷亡；在更早前 2011 年 2 月 22 日紐西蘭大地震造成嚴重傷亡。在 2010 年 1 月 12 日下午 21 時 53 分海地大地震 7.0 級；2 月 27 日的智利大地震（8.3 級）也是傷亡慘重，地震後又連續發生 6 級以上餘震。這些連續大地震間是否彼此有關聯性呢？還是跟月球仰角、潮汐也有相關？從地震發生的農曆日期和潮汐、月亮仰角等數據我們試圖照出一些相關性。

以上這些地震災難，彷彿電影「2012」中的場景：劇中模擬八大行星聚集成一線時，因彼此引力牽引，且有彗星將進入地球軌道而引起大地震。這些訊息讓我們身處在地震帶和斷層帶集中的臺灣居民非常擔憂，也引起了許多的專家學者探討，我也很想知道地震發生的真正原因是什麼？九大行星連成一線真的容易發生地震嗎？跟地球最近的衛星-月亮有沒有關係？是不是像漲潮退潮的原理一樣呢？我們可否進行一些實驗和模擬來了解地震呢？

於是我們去問黃老師，也和黃老師討論了一下，覺得這個問題很重要、很有趣，卻也不容易解釋，不如我們一起找些同學來做一些實驗和統計，並參觀地震博物館，製作一些模型來深入了解「地震」形成的外在原因，並模擬地球發生地震的月球引力。

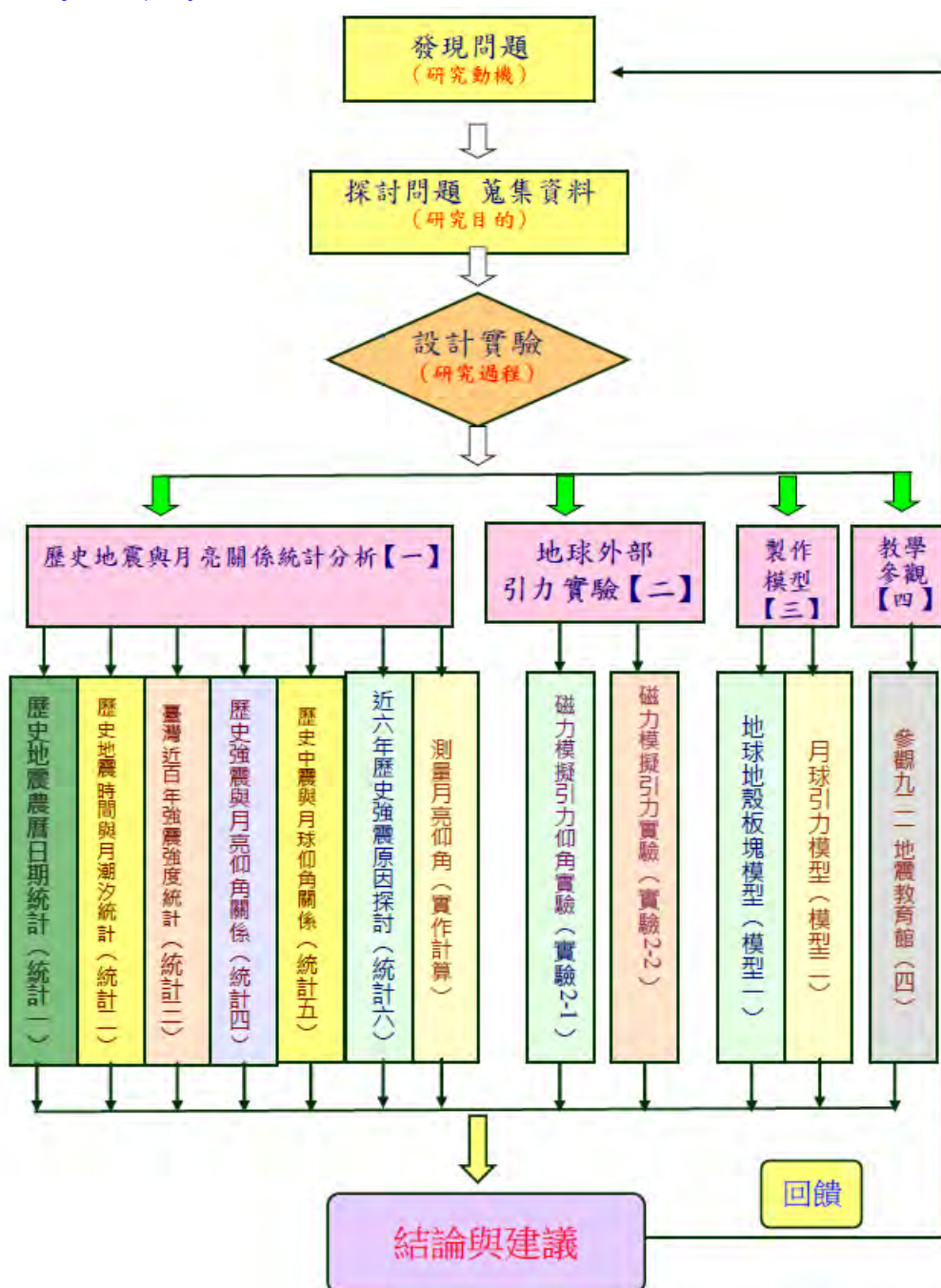
貳、研究目的

- 一、統計歷史地震發生在農曆上中下旬及白天晚上的比例。
- 二、研究歷史地震發生的時間與月球仰角之關係。
- 三、研究歷史地震與潮汐間的相關性。
- 四、研究歷史地震與夏月(遠日點)、冬月(近日點)對太陽與月球引力的相關性。

參、實驗器材

大小磁鐵 (16 個)、直尺、細線、地球儀一座、雙面膠、透明塑膠盒、水晶球、車床木球座、鐵絲、鐵片、仰角量角器、平方公分板、大針筒…等。

肆、研究架構流程



伍、實驗過程

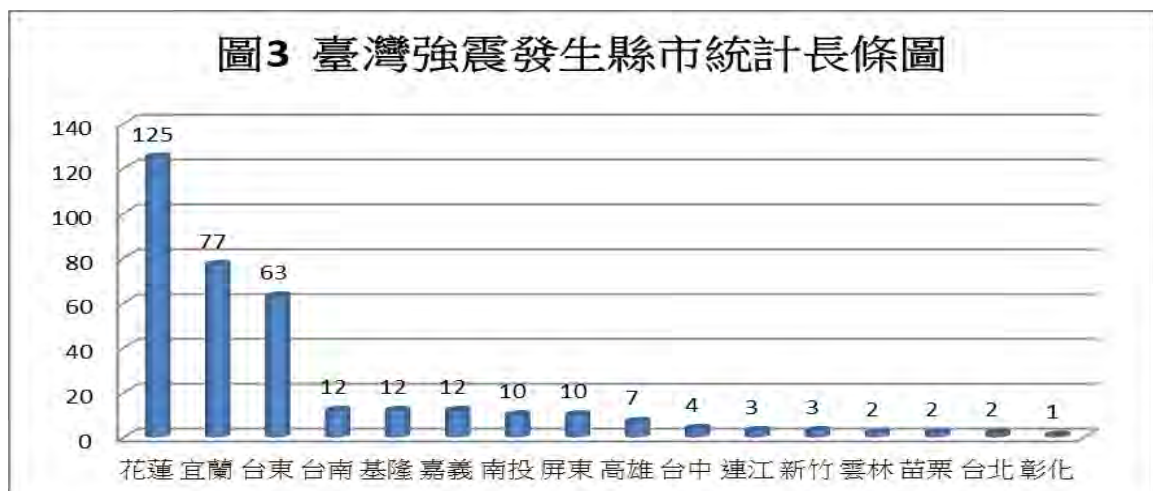
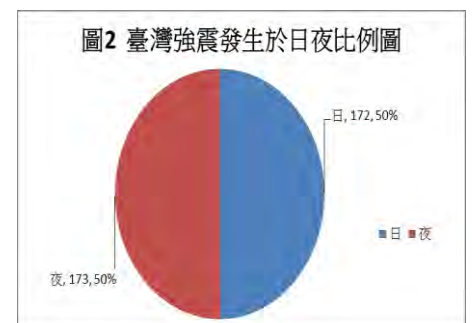
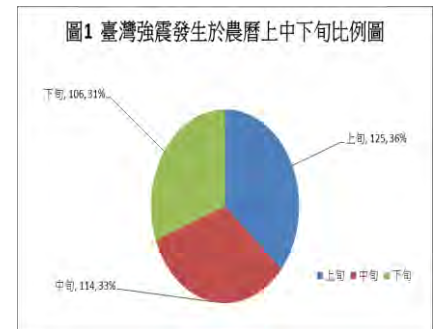
一、歷史地震與月亮關係統計分析

(一) 歷史地震轉換農曆日期統計與月亮引力相關分析

- 方法**
- 1.自中央氣象局下載有日期紀錄的臺灣地區歷史地震紀錄。
 - 2.將歷史地震用「農曆查詢網」網站將 1900 年後的歷史強震轉換為農曆日期。【強震：指芮氏規模 5.0 以上地震共 345 次】【如附件一、二】
 - 3.將歷史強震日期輸入統計程式，將每月分成上中下三旬，分別統計次數。
 - 4.依據地震發生的時間，探討上、中、下旬與月亮位置關係的相關性。

結果：發現

1. 在 1901 年後臺灣 345 次強震統計結果：在農曆上旬（農初 1-10）發生共 125 次（36%）最多；其次是中旬共 114 次（33%）（農曆 11-20）；下旬（農曆 21-30）共 106 次（31%）。表示地震發生在農曆上旬機率較高。【如圖 1】
2. 歷史強震共 172 次發生在白天（上午 6 點到下午 18 點），共 173 次發生在夜間（下午 18 點到隔天早上 6 點），打破地震常發生於夜間的迷思。故可推斷白天月球也有在天空上方，是否與漲潮有一些關聯，因此強震發生的原因可再深究。【如圖 2】
3. 歷史強震發生地點統計如圖 3 所示：花蓮最多共 125 次，其次是宜蘭共 77 次，再次為台東共 63 次。其餘發生在台南基隆嘉義南投屏東……等。顯示台灣強震多發為臺灣東部(宜蘭花蓮台東)。【如附件三】



討論：本統計需注意下列幾點：

- 1.百年內紀錄之歷史強震僅為發生在臺灣芮氏規模 5.0 以上，5 以下之地震未列入研究統計範圍，要探討地震發生的原因可能有研究上的疏漏或瑕疵。故後續的研究仍加入芮氏規模中級(3.0-4.9)地震做研究。
- 2.僅分為上中下旬分析、日夜間分析，較無法完整完整分析地震與月球引力之關連性；**建議再詳細分析潮汐時間及月亮仰角與地震發生之關係**。
- 3.由此可知地震發生不一定在農曆上中下旬，日夜間發生強震占約 50%，有可能受月球引力和潮汐作用所影響，因此在後續研究中再探討**月球仰角與潮汐**對地震的相關性來做比對。
- 4.歷史地震統計分析為已發生資料數據，與月相關係、時間、地點均為實際數字，**相關統計分析為最直接的數據，能正確描述關連性**。
- 5.中央氣象局有地震完整統計測報資料及月相、潮汐等紀錄，方便本研究之進行，可補無法實際操作地震實驗之缺憾。
- 6.範圍僅限臺灣，時間僅限 1901 年後有紀錄之歷史強震，強度只限芮氏規模 5.0 以上之強震。
- 7.可增加下一部份**統計分析潮汐時間及月亮仰角與地震發生之關係**。

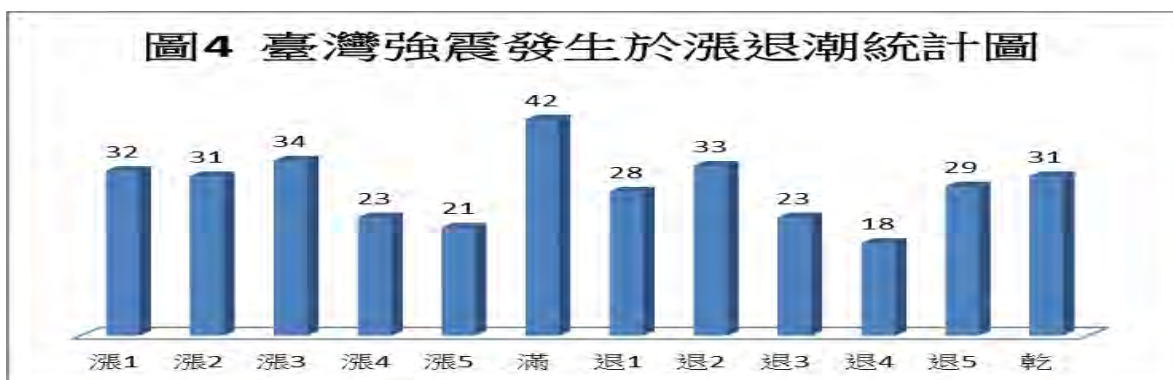
(二) 歷史地震時間與潮汐關係統計分析

方法：1.下載最近一年農曆日的潮汐時間表【每天漲退潮約 2 次】，比對歷史地震發生時間之潮汐概況。【如附件四】

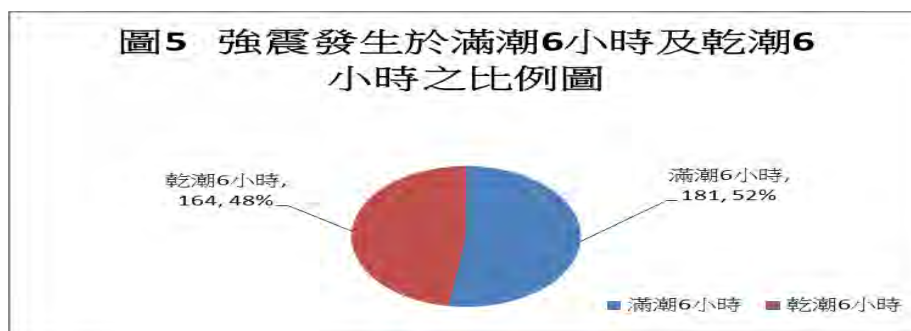
- 2.以滿潮及乾潮各間隔 6 小時，以 1 小時為區隔單位，分別統計地震發生於漲或退潮時數內，並做統計分析。

結果：發現在 345 次強震紀錄中

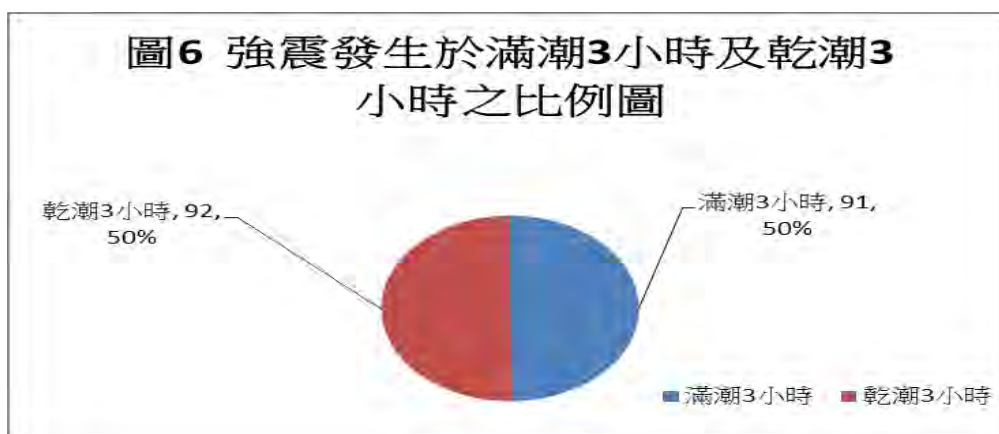
- 1.歷史強震發生在**滿潮次數最多達 42 次**，而漲潮 1、2、3 小時及退潮 2 小時和乾潮前後各一小時內發生強震次數均達 30 次以上，開始漲潮的 1-3 小時次數較多而連續。



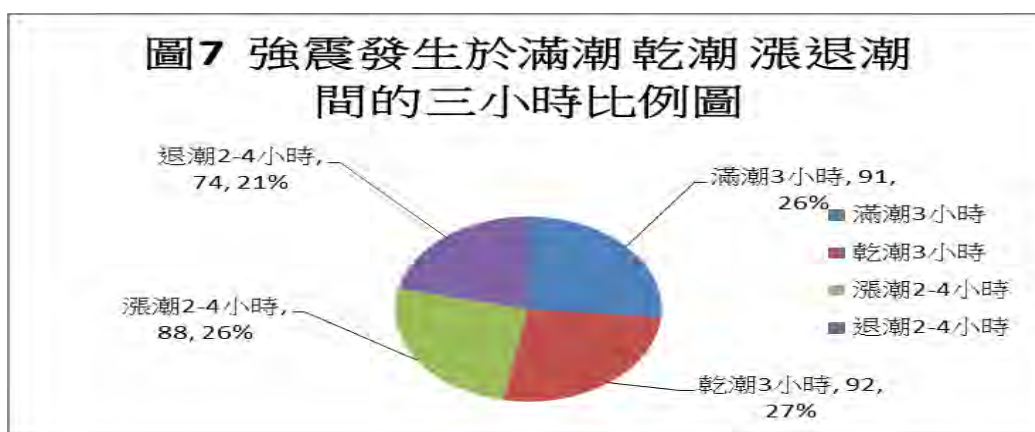
2.由圖 5 可知：在滿潮及乾潮各六小時內發生之地震比例為 52%及 48%，滿潮較多 4%，表示發生在滿潮間六小時內的強震比例及機會較大。



3.由圖 6 可知：在滿潮及乾潮各三小時內發生地震之次數各占 50%，表示滿潮或乾潮並非影響地震發生次數較高之絕對因素。



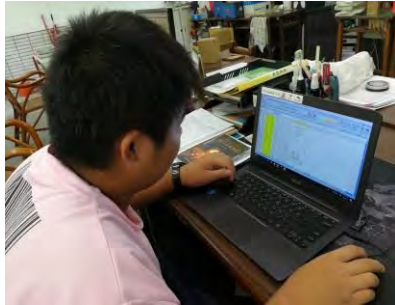
4.再以 345 次地震發生於漲退潮各三小時內及乾滿潮前後三小時內做比較，結果發現在乾、滿潮及漲潮 2-4 小時內之強震數都在 26-27%強，而在退潮潮間之 2-4 小時只為 21%，明顯較低。由此可知台灣歷史地震受乾、滿潮現象影響，將近 53%發生在漲潮 2-4 小時內，正是受月球引力之作用力及反作用力影響，並非只有漲潮有此現象，而是滿潮、乾潮發生因板塊推擠或拉扯造成地震機會較大。



(三) 臺灣最近 108 年地震統計分析

方法：1.自中央氣象局下載最近 1901 年到 2018 年 5 月全部地震統計資料。【如附件五】

2.統計各月發生規模 5.0 以上強震數長條圖做比較分析。



結果：發現

1.由圖 8 可知：3、4、12 月是強震數較多的月份，都有 40 次；其次是 10 月有 34 次。而發生次數較少的是 6 月(18 次)，2 月和 5-8 月發生次數都較少。



2.由圖 8 可知：1-4 月及 9-12 月強震數較高是否與**季節性及上下半年月球與地球近日點的關係**，產生引力大小不同或僅是發生機率問題，值得再做研究分析。

(四) 歷史地震與 2017-2018 年月亮仰角統計分析

方法：1.自中央氣象局下載 2017-2018 年整年月相資料，包含月出時間、月中天時間、仰角、方位角及月末時間，內含每天滿潮及乾潮時間點，並轉換成農曆時間。以方便與歷史地震做比對。

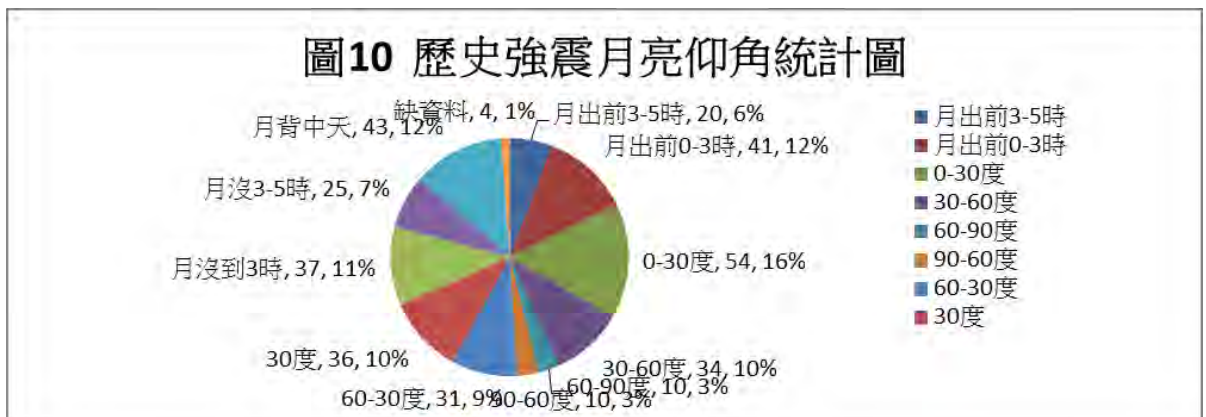
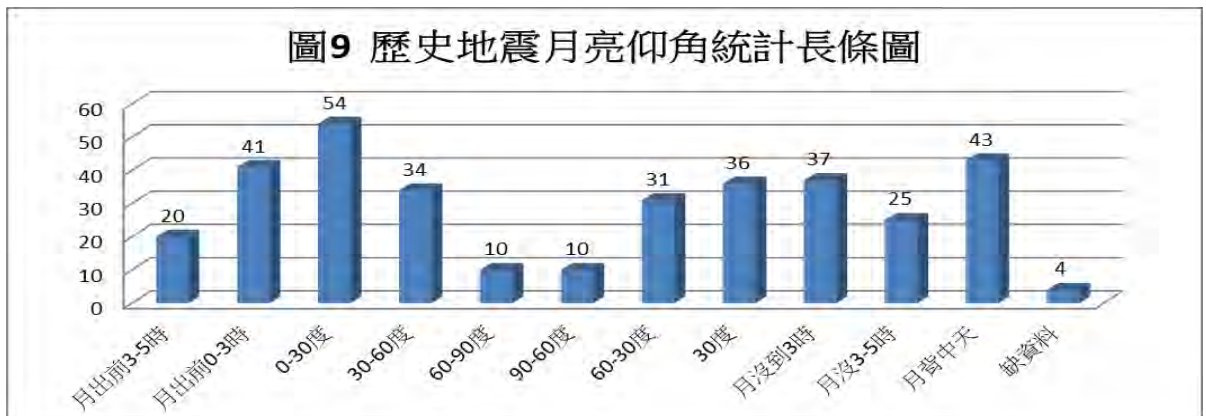
2.將歷史地震時間與 2017 年農曆日期比對，計算出地震當時的月亮所在位置仰角。

3.今年度隨機擇三日測量月亮仰角角度，以比對中央氣象局所下載月相資料是否誤差。

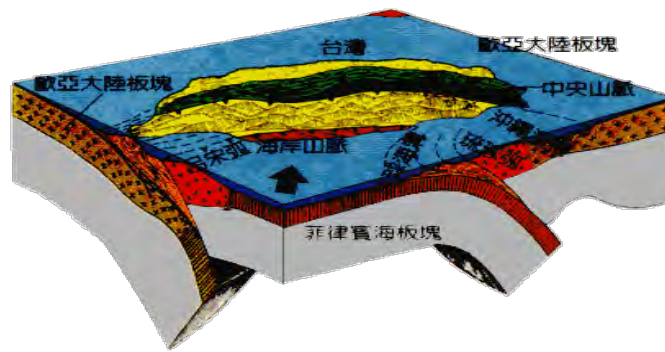
4.將歷史地震月亮仰角統計分析，地震發生時與月亮仰角關係。

結果：發現

1. 由圖 9、圖 10 可知：在 345 次有紀錄的歷史強震中，在上升月的「仰角 30 度內」最多，地震次數達 54 次（占 16%）；其次是「月背中天」有 43 次占 12%；「月沒到 3 小時」、下降月的「仰角 30 度」、及二次的「仰角 30-60」間，次數相差不多。【詳如附件六統計表】
2. 由圖 10 可知：「月出前 0-3 時」、及「仰角在 0-30 度間」的次數共 95 次，共占 28%，表示在月出前發生地震機率較高，受月亮仰角及引力影響較大；而「月背中天」有 43 次，共占 12%，受月亮反作用力及乾潮引力影響居次。



3. 比對以上歷史地震推斷：臺灣地震發生與月亮仰角有關，在月出前 3 小時及仰角 0-30、30-60 度間，月亮引力吸引臺灣東方的太平洋板塊和菲律賓板塊；過月中天後月亮仰角 60 度以下到月沒 3 時內，月亮吸引歐亞大陸板塊。如此因月亮仰角及引力造成板塊移動造成地震機率較高。而月背中天則是滿潮時間點，所以從月亮仰角及圖 7 強震發生在潮汐時間做比對，強震發生點與月亮所在位置及潮汐有引力上的相關聯。
4. 設計實驗 2-1、2-2 以磁鐵來代替月亮引力，測出仰角恰在 38-53 度間，表示月亮初在遇到板塊前即可能產生引力，造成板塊運動而使臺灣發生地震。



(資料來源：認識地震；為甚麼會發生地震？<http://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/eq/sec1.htm>)

(五) 月亮仰角與潮汐綜合統計分析

方法：1.推論：一天中約有二次漲退潮(乾、滿潮)。但月亮卻只繞地球約一圈，也就是月球引力所帶起的漲潮有一次，但月球引力的反作用力，也會帶起漲潮，故此推斷，潮汐漲退的因素一天中會有二次拉起地殼的引力或反作用力，但月球的引力直接吸引一天中只有一次。

2.故月球仰角若以 30 度為間隔，應考量為漲或退潮 3 小時才是同一間隔，才能方便統計比較。故應將圖 4、圖 7、圖 9 及圖 10 結合作綜合分析。

結果：發現 345 次地震中，依據圖 4、圖 7、圖 9 及圖 10 統計如表

表一：潮汐與月亮仰角綜合分析表

潮汐	強震次數	月亮仰角		強震次數	說明
漲 5	21	91	仰角 60-90 度	10	其次是發生在滿潮
滿潮	42		仰角 90-60 度	10	
退 1	28		月背中天	43	
退 5	29	92	月出前 0-3 小時	41	發生在乾潮前後的月亮仰角 0-30 度內、月出前後 3 小時內次數最多。
乾潮	31		仰角 0-30 度	54	
漲 1	32		仰角 30-0 度	36	
			月末後 0-3 小時	37	
漲 2	31	88	月末後 3-5 小時	25	正在漲潮中發生強震次數較少
漲 3	34		仰角 30-60 度	34	
漲 4	23				
退 2	33	74	月出前 3-5 小時	20	正在退潮中發生強震次數最少
退 3	23		仰角 60-30 度	31	
退 4	18				
其他	0	缺資料		4	
合計	345			345	

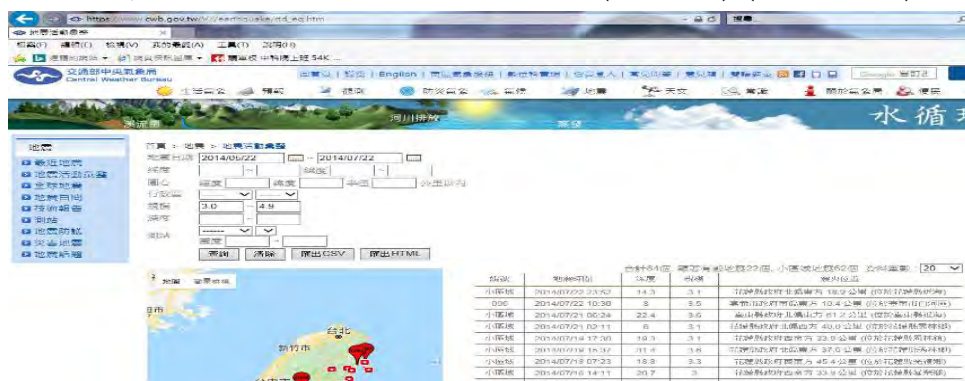
1.發現在**乾潮前後一小時中**所發生的強震次數 92 次與月亮仰角 **0-30 度內、月出前後 3 小時內**次數最多達 168 次。顯示潮汐乾潮時與月亮仰角在地平線左右，其發生強震機率最高，推測原因可能是**月亮引力對地殼側面的吸引力及乾潮時地殼被海水拉力的影響**。其次是發生在滿潮時。

(六) 最近六年歷史強震數量倍增原因探討

根據 2012 年前統計的強震次數有 125 次，到 2018 年強震增加到 345 次，顯示這六年的強震次數比過去百年次數多達 2 倍左右，是什麼原因造成這樣的劇變，茲再設計下列統計分析。

六-1 搜尋最近 11 年內台灣地震次數分配表

方法：1.運用中央氣象局全球資訊網中的地震進階搜尋功能，找出近 11 年來各年度強震及中震的次數差異。(如表三)(如附件八)



註：中央氣象局全球資訊網地震彙整功能 搜尋地震資料版面照

表三：近 11 年全年地震次數統計表

年度	規模 3.0-4.9 全年次數	規模 5.0 以上 全年次數	總次數	備註
107	610	21	631	統計至 107.05.30，全年未完
106	379	22	401	
105	644	34	678	
104	518	32	550	
103	588	30	618	
102	660	30	690	
101	742	27	769	
100	648	18	666	
99	574	40	614	
98	723	29	752	
97	454	22	476	

資料來源：中央氣象局全球資訊網地震彙整

結果：發現

- 1.民國 97 年到 107 年 5 月 30 日止，其中強震以民 99 年最多，強震次數自民 102 年起每年都超過 30 次，**民國 107 年初發生 0206 花蓮地震後餘震次數最多，目前統計到 5 月份止已約平常一年的地震次數。其中 98 年和 101 年的總地震次數超過 750 次，中級地震次數較多，值得再深入分析。**
- 2.民國 98 年的中度地震占全年比例最高，且全年地震數為近 10 年第二高，故以 98 年地震再分析月亮仰角相關性如圖 11。結果發現月沒到 3 小時發生中震最高達 16%，其次是過月中天的仰角 60-30 度達 13%；再來是過月中天的仰角 30 度以下達 12%。月初前 3 小時及月初後仰角 0-30 度間各占 10%。與圖 10 強震與仰角的比較，強震是月初前到 30 度間比例較高，中震則是過月中天仰角 30 度以下到月沒後 3 小時內發生次數比例較高。

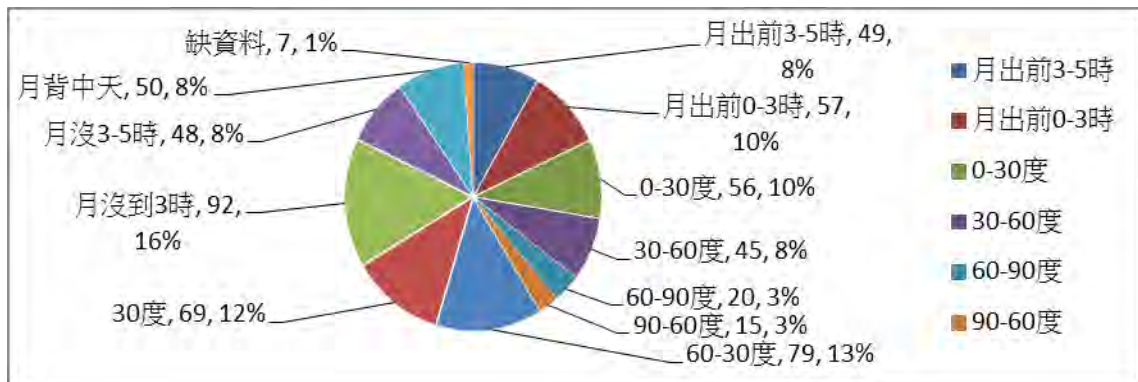


圖 11 民國 98 年中級規模地震月亮仰角統計圖

建議：若時間及版面允許，加入**中級潮汐之漲退潮比例分析**，以及**強、中震合計分析**，更能分析了解民國 98 年地震與月亮仰角及潮汐的相關性，甚至可以**其他年度發生地震的隨機抽樣測試與 98 年的發生地震的月亮仰角和潮汐是否有相近的機率**，更可解釋整體研究的相關性。

六-2 海平面上升、水溫增加與地震次數的關係分析

- 方法**：1.運用中央氣象局全球資訊網中的地震進階搜尋功能，找出近年來地震發生次數發展趨勢。
- 2.從文獻中發現全球平均水溫最近 50 年間大約上升了 0.04 度。太平洋的聖嬰現象 (El Niño) 及反聖嬰現象 (La Niña)，陽光垂直照射赤道附近的海面、地面，所以單位面積的熱量最大。歷史氣溫紀錄中為第 3 高，最高溫出現在 2016 年。1992 年至 2014 年期間觀測到的海平面變

化，每年平均上升 0.3 公分，但西太平洋地區每年上升約 1 公分，是其他地方的 3 倍。

結果：發現如下圖(如附件八)

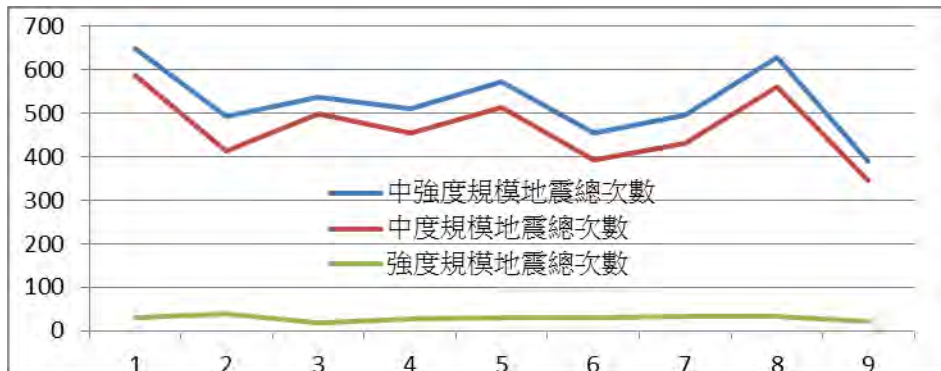


圖 12 民 98-106 年中度以上地震次數發展趨勢圖

1. 中震次數民 98 年與民 105 年明顯偏高。
2. 強震次數尚無明顯變化。
3. 民 98-106 年歷史強震變化不明顯，但中震變化差異較大，若時間再拉更長，更可發現也許近 10 年的地震周期是密集而頻繁的，而不只是近 6 年。

六-3 夏月(遠日點)與冬月(近日點)與地震的關係分析

方法：1. 運用中央氣象局全球資訊網中的地震進階搜尋功能，找出民 98-106 年的夏至(遠日點)及、冬至(近日點)前後一個月內發生地震的次數。

表四：編號年度對照表(如附件八)

年度	98	99	100	101	102	103	104	105	106
編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9

2. 製作成圖 13 中震、圖 14 強震、圖 15 中度規模以上地震來做分析。

結果：如圖所示：發現

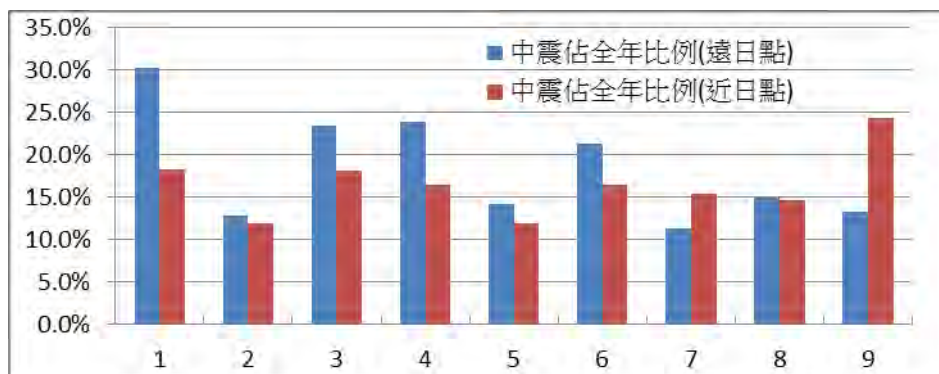


圖 13 民 98-106 年近日點與遠日點中震占全年比例長條圖

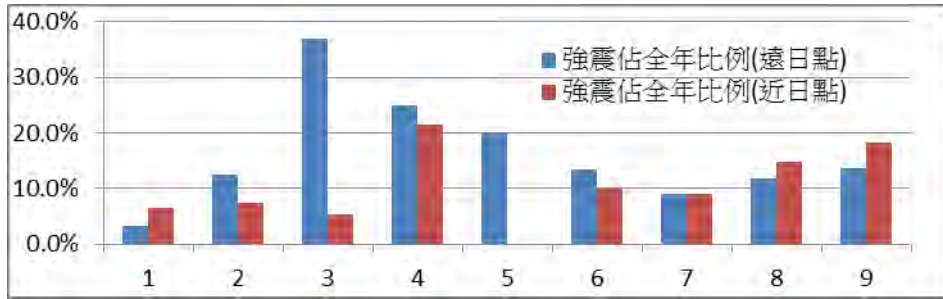


圖 14 民 98-106 年近日點與遠日點強震佔全年比例長條圖

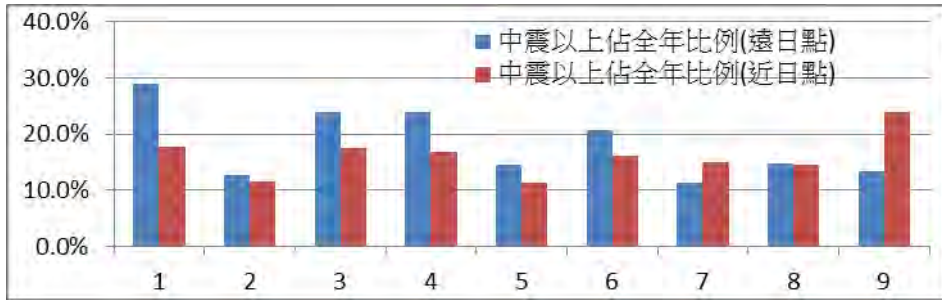


圖 15 民 98-106 年近日點與遠日點中震以上佔全年比例長條圖

1. 中度規模地震佔全年比例，民 98、100、101、103 年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，原始次數也明顯高出許多，甚至民 98 年的近日點與遠日點地震合計將近 48%，顯示在近日點與遠日點地震機率較高，可能是離太陽較遠，反而受月球引力影響較大所影響。民 100、101 年近日點與遠日點中震合計也在 40% 以上；僅民 106 年近日點高於遠日點。
2. 強震發生在遠日點與近日點佔全年比例，民 100、101、102 年這三年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，且民 100、101 二年近日點與遠日點合計超過 40%；僅民 106 年近日點高於遠日點。
3. 中、強震的比例發生在遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，僅民 104、106 年近日點高於遠日點。且近日點與遠日點的地震發生比例合計超過 40% 者有民 98、100、101 年，這三年也都是以遠日點發生地震機率最高。推測是在遠日點時，受太陽引力影響較小，發生地震的機會受月球引力影響較大。若輔以潮汐分析會更能判斷遠日點及近日點潮汐與地震是否相關。
4. 推算近日點(冬至)與遠日點(夏至)的地球與太陽間的萬有引力少 $1.8 \times 10^{32}(\text{N})$ ，如右圖計算。故在遠日點受月球引力及所帶動的潮汐影響地震較大，受太陽引力較小之故。

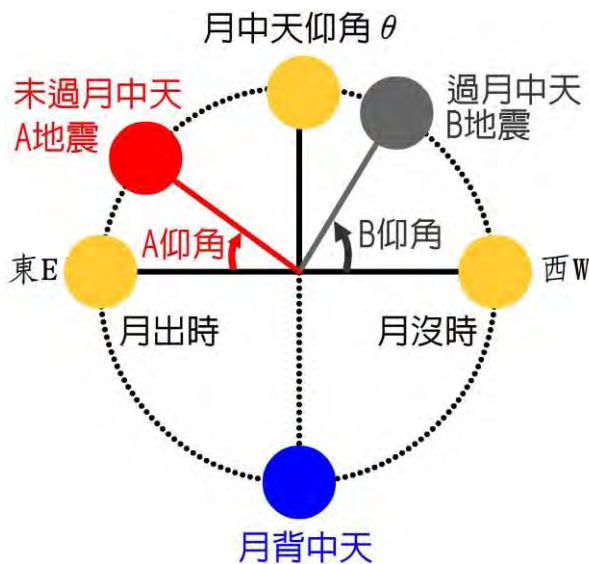


地球質量 $\approx 5.9 \times 10^{24} \text{ kg}$
 太陽質量 $\approx 2 \times 10^{30} \text{ kg}$
 近日點日地距離 $\approx 1.47 \times 10^{11} \text{ m}$
 遠日點 $\approx 1.52 \times 10^{11} \text{ m}$
 萬有引力常數 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

$$F = \frac{GMm}{R^2}$$
 近日點的引力 $= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.9 \times 10^{24} \times 2 \times 10^{30}}{1.47 \times 10^{11}}$
 $\approx 5.35 \times 10^{33} \text{ (N)}$
 遠日點的引力 $= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.9 \times 10^{24} \times 2 \times 10^{30}}{1.52 \times 10^{11}}$
 $\approx 5.17 \times 10^{33} \text{ (N)}$

(七) 觀測月亮仰角比對 2010-2018 年月相資料

- 方法**
1. 自中央氣象局下載 2010 年及 2018 年月亮出沒及仰角方位角等年度月相資料。
 2. 比對同學測量當日農曆日期時間的月亮位置是否吻合，需於整點時測量月亮仰角。
 3. 比對歷史地震農曆月日及發生時間點之月亮仰角度數。
 4. 統計分析歷史強震與月亮日夜間之仰角之關連性。
 5. 與實驗五六之仰角度數關連性比較分析。
 6. 仰角計算公式如下圖：



$$A \text{ 仰角} = \frac{A \text{ 時} - E \text{ 時}}{\theta \text{ 時} - E \text{ 時}} \times \theta$$

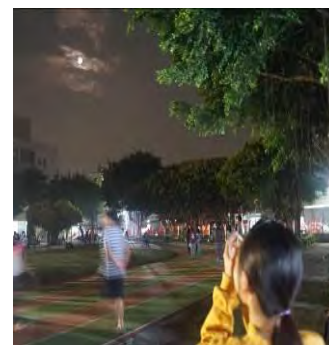
$$B \text{ 仰角} = \frac{W \text{ 時} - B \text{ 時}}{W \text{ 時} - \theta \text{ 時}} \times \theta$$

結果：測量與計算結果如下表

表二：測量仰角與計算公式所得仰角對照表

年度		國曆日期	農曆日期	測量時間	仰角	測量時間	仰角	測量時間	仰角				
2010年	測量	5月5日	3月22日	07:30	40S	08:45	25S	09:30	20S				
	計算				37.7S		26.6S		19.95S				
	測量	5月18日	4月3日	19:26	60S	20:00	40S	21:00	20S				
	計算				63.6S		32.5S		20.4S				
2011年	測量	4月12日	3月10日	18:00	70S	18:30	75S	(當晚只測量二次)					
	計算				48.8S		63.7S						
2018年	測量	2月28日	1月13日	19:00	36S	21:00	65S			(當晚只測量二次)			
	計算				33.4S		57.4S						
	測量	3月2日	1月15日 元宵節	20:00	20S	23:10	59S					(當晚只測量二次)	
	計算				22.7S		65.9S						

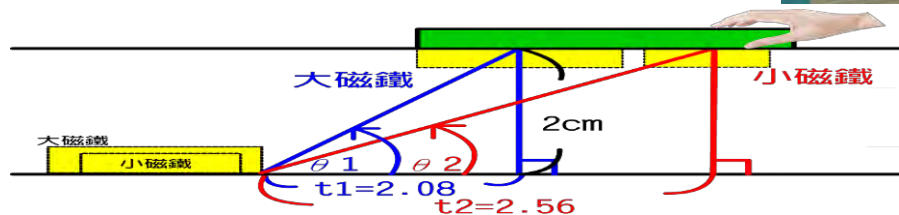
- 1.以前列計算仰角公式計算發現 2010 年 5 月 5 日（農曆 3 月 22 日）計算仰角與實際測量三個時段相當接近。而 2011 年 4 月 12 日（農曆 3 月 10 日）、2018 年 2 月 28 日（農曆 1 月 13 日）及 3 月 2 日（農曆 1 月 15 日元宵節）皆與公式計算公式及農曆月相資料接近，誤差小。（計算如附件七）
- 2.由 2010 及 2018 年農曆月相資料推斷歷史地震時月亮仰角，依公式仍可求出歷史地震發生時之月亮位置或仰角。（如附件一）



二、地球外部引力實驗

二-1 磁力模擬引力仰角實驗一

- 方法**
- 1.取二個相同大小的圓形磁鐵，一個置於桌面，下方墊著公分刻度表；另一個置於 2 公分高的透明墊板上。
 - 2.將另一個磁鐵自遠方慢慢靠近，紀錄桌面磁鐵被吸附時的水平距離，重複操作 5 次再取平均值。
 - 3.以相同方式將上方換成較大圓型磁鐵再做一次，重複操作 5 次再取平均值。
 - 4.墊高高度再做一次，重複操作 5 次再取平均值。
 - 5.分析實驗結果。



$$\tan \theta 1 = \frac{2}{2.08} = 0.9615 \quad \text{查表 } \theta 1 \approx 43.88^\circ$$

$$\tan \theta 2 = \frac{2}{2.56} = 0.7813 \quad \text{查表 } \theta 2 \approx 38^\circ$$

結果：發現

1.實驗結果記錄水平距離於下(查 $\tan \theta$ 表如附件八)

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2 小圓磁鐵	2cm	2.1cm	2.2cm	2cm	2.1cm	2.08cm
大小磁鐵	2.5cm	2.9cm	2.5cm	2.5cm	2.4cm	2.56cm
大小磁鐵高 2.5cm	1.7cm	1.7cm	2cm	2cm	1.8cm	1.84cm

2.由上表可知上下層兩磁鐵慢慢接近時，在 2 個小圓磁鐵操作時，水平距離平均約 2.08 公分，高度為 2 公分，此時磁鐵的仰角

$\tan \theta 1=2/2.08=0.9615$ ，所以查表得知 $\theta 1$ (仰角) 約為 43.88 度。

3. 由上表可知上下層兩磁鐵慢慢接近時，在大小圓磁鐵操作時，水平距離平均約 2.56 公分，高度為 2 公分，此時磁鐵的仰角

$\tan \theta 2=2/2.56=0.7813$ ，所以查表得知 $\theta 2$ (仰角) 約為 38 度。

4. 由上表可知上下層兩磁鐵慢慢接近時，在大小圓磁鐵操作時，水平距離平均約 1.84 公分，高度提高為 2.5 公分，此時磁鐵的仰角

$\tan \theta 3=2.5/1.84=1.3587$ ，所以查表得知 $\theta 3$ (仰角) 約為 53.64 度。

5.由以上得知磁鐵在靠近下層磁鐵引起磁力作用吸附下層磁鐵的距離所成角度(如地殼與月亮仰角)：兩磁鐵一樣大時，角度約為 43-45 度；而大小磁鐵磁力差距大時，仰角變為低於 45 度(平均為 38 度)；若垂直距離增加，則水平距離減少，角度變大，仰角約為 53 度以上。

討論：本實驗需注意下列幾點：

1.磁鐵需異極相吸，代表月球與地球上的地殼有引力相吸。但實際地殼不會被月亮吸上去。

2.測量下面磁鐵的邊到中心點距離。



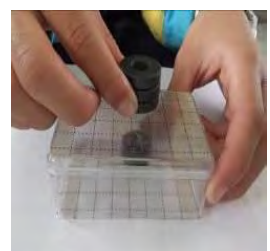
二-2 磁力模擬引力實驗二

方法1.取數個不同的圓形磁鐵放於牙籤盒蓋上，小磁鐵置於透明牙籤盒底，並在盒底及蓋子上各貼一個平方公分版，以測量公分數。

2.將數個磁鐵自遠方慢慢靠近，紀錄盒底小磁鐵被吸附時的水平距離(幾格；1 格 1 公分)，重複操作次再取平均值。

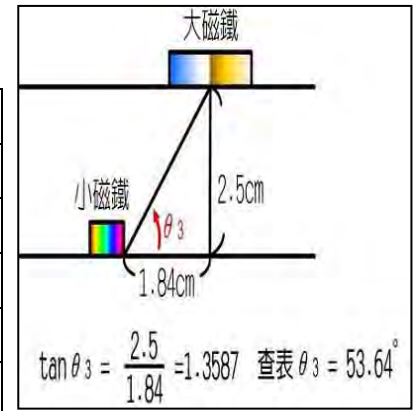
3.以相同方式將上方換成較大圓型磁鐵再做一次，重複操作 3 次再取平均值。

4.盒子高度約 2.5 公分高，可計算仰角並分析實驗結果。



結果：發現 1.實驗結果紀錄如下表

上方磁鐵數	1 個	2 個	3 個	4 個
第一次	0	1.5	2.5	2.5
第二次	0	1.5	2	2.5
第三次	0	1.5	2	2.5
平均	0	1.5	2.17	2.5
計算仰角	無	約 59 度	約 41 度	約 45 度



2.查 tan 表計算 $\tan \theta_3 = 2.5/1.5 = 1.666$ ，所以查表得知二個磁鐵時 θ_3 (仰角) 約為 59 度。；三個磁鐵時 $\tan \theta_3 = 2.5/2.17 = 0.86$ ，所以查表得知二個磁鐵時 θ_3 (仰角) 約為 41 度。三個磁鐵時 $\tan \theta_3 = 2.5/2.5 = 1$ ，固仰角約 45 度。(查 tan θ 表如附件八)

3.磁鐵越多吸附距離越長，磁力較強，但仰角最低，彷彿月球接近地球時，在仰角 60 度以下機率最高。

三、製作地殼模型

三-1 製作地球板塊、地震帶模型

方法：1.取一地球儀，並依文獻板塊地圖繪製板塊於地球儀上。

2.以亮色筆繪製板塊邊界線；以紅色大小不同的點代表地震規模，以標示地震帶。

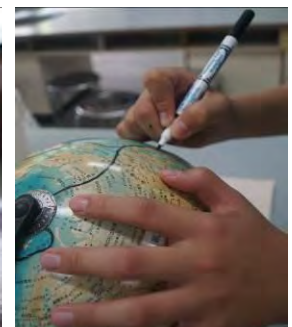
3.可解釋全球各地震帶之間的關係，以及模擬地球上板塊位置。

結果：發現

1.以地球儀確切位置標示板塊及地震帶，可實際看到板塊位置。

2.以帶狀呈現地震帶級地震發生地點，可觀察地震帶附近地震。

3.各板塊相對位置與世界地圖地理位置可相互對照。



三-2 製作板塊與月球引力交互作用模型

- 方法**：1.請車床工協助製作一可旋轉之木球，在上方先畫好板塊大約位置形狀。
- 2.以黑色筆繪製板塊邊界線；以紅色描邊以示地震帶。
- 3.以白紙描縮小板塊在鐵片上，並以剪刀剪下，以鐵釘懸空固定在木球上。再寫上板塊名稱。
- 4.在木球正上方鑽孔，以鐵絲穿上約 5 顆孔形磁鐵，使其能上下移動。

結果：發現

- 1.以磁鐵上下移動時，板塊鐵片會稍微震動。
- 2.當鐵絲繞圈或移往別處時，鐵片仍會稍微震動。
- 3.當鐵絲或磁鐵移動時，彷彿月球引力對地殼有引力，造成板塊有振動情形，能模擬月球與板塊運動的現象。

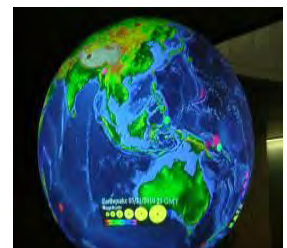
五、參觀地震博物館實況

- 方法**1.於 107.02.09（五）寒假中安排參觀位於霧峰的地震博物館。
- 2.參觀地震後地表建物、地殼的變化及災害紀錄。
- 3.探討地震發生的原因，以具體了解地球內部地震發生的狀況。
- 4.修改實驗設計及補足本研究設計之不足。
- 5.對地球板塊及地震監控之呈現更有具體概念。



觀察重點：

- 1.各種具體模型設計的理論及模擬狀況。
【地殼與板塊、斷層、地函、地核、震幅等】
- 2.哪些模型可增加在我們的實驗設計中？
【地球儀的板塊、地心模型、斷層模型、開水煮板塊】
- 3.地震預測的可行性。【約 2 秒時間，很難預測】
- 4.地震成因的內、外力因素各有哪些？是否可增加在實驗中。
【地核和地函的流動實驗和模型。】
- 5.地震後的地表狀況，有哪些跟我們的實驗相符合？
【擠壓一個板塊，其他板塊也會受影響。】



參觀後感想：看到地震後的慘重狀況，跑到壟起如斷層斷裂面。能體驗到九二一的恐怖及在教室無法實驗的狀態。能比做實驗更具體，更有深刻印象，了解實際發生地震內部及外部狀況。

陸、結論與建議

一、結論

(一)歷史地震與月亮關係統計分析

1-1 由台灣歷史強震統計發現

1. 農曆上旬（農初 1-10）發生共 125 次（36%）最多；其次是中旬共 114 次（33%）（農曆 11-20）表示地震發生在農曆上旬機率較高。
2. 歷史強震共 172 次發生在白天，共 173 次發生在夜間，打破地震常發生於夜間的迷思。故可推斷白天月球也有在天空上方，與月球間接影響的漲、退潮有關。
3. 歷史強震發生地點統計：花蓮最多共 125 次，其次是宜蘭共 77 次，再次為台東共 63 次。

1-2 歷史地震時間與潮汐關係統計分析

1. 歷史強震發生在滿潮次數最多達 42 次，而漲潮 1、2、3 小時及退潮 2 小時和乾潮前後各一小時內發生強震次數均達 30 次以上，開始漲潮的 1-3 小時次數較多而連續。
2. 在滿潮及乾潮各六小時內發生之地震比例為 52% 及 48%，滿潮較多 4%，表示發生在滿潮間六小時內的強震比例及機會較大。
3. 在滿潮及乾潮各三小時內發生地震之次數各占 50%，表示滿潮或乾潮並非影響地震發生次數較高之絕對因素。
4. 台灣歷史強震受乾、滿潮現象影響，將近 53% 發生在漲潮 2-4 小時內，正是受月球引力之作用力及反作用力影響，並非只有漲潮有此現象，而是滿潮、乾潮發生因板塊推擠或拉扯造成地震機會較大。

1-3 台灣最近 108 年地震統計分析

1. 歷史強震發生在 3、4、12 月強震數都有 40 次；其次是 10 月有 34 次。而次數較少的是 6 月(18 次)，2 月和 5-8 月發生次數都較少。
2. 歷史強震發生在 1-4 月及 9-12 月強震數較高，與季節性及上下半年月球與地球最近點的關係，產生引力大小不同，或是機率問題，值得再做研究分析。

1-4 歷史地震與 2017-2018 年月亮仰角統計分析

1. 在 345 次有紀錄的歷史強震中，在上升月的「仰角 30 度內」最多，地震次數達 54 次（占 16%）；其次是「月背中天」有 43 次占 12%；「月沒到 3 小時」、下降月的「仰角 30 度」、及二次的「仰角 30-60」間，次數相差不多。

2. 「月出前 0-3 時」、及「仰角在 0-30 度間」的次數共 95 次，共占 28%，表示在月出前發生地震機率較高，受月亮仰角及引力影響較大；而「月背中天」有 43 次，共占 12%，受月亮反作用力及乾潮引力影響居次。
3. 台灣地震發生與月亮仰角有關，在月出前 3 小時及仰角 0-30、30-60 度間，月亮引力吸引臺灣東方的太平洋板塊和菲律賓板塊；過月中天後月亮仰角 60 度以下到月沒 3 時內，月亮吸引歐亞大陸板塊。因月亮仰角及引力造成板塊移動造成地震機率較高，而月背中天則是滿潮時間點，所以與強震發生在潮汐時間做比對，強震發生點與月亮所在位置及潮汐有引力上的相關聯。

1-5 觀測月亮仰角比對 2010-2018 年月相資料

1. 以仰角公式計算發現實際測量三個時段皆與公式計算公式及農曆月相資料接近，誤差小。
2. 由此可推斷歷史地震時月亮仰角，依公式可求出歷史地震發生時之月亮位置或仰角。

1-6 最近六年歷史強震數量倍增原因探討

2012 年前強震次數有 125 次，2018 年強震增加到 345 次，這六年的強震次數比過去百年次數近 2 倍，是什麼原因造成的呢？

1. 搜尋最近 11 年內台灣地震次數分配表發現強震以民 99 年最多，強震次數自民 102 年起每年都超過 30 次，民國 107 年初發生 0206 花蓮地震後餘震次數最多。其中 98 年和 101 年的總地震次數超過 750 次，中級地震次數較多。
2. 海平面上升、水溫增加與地震次數的關係分析發現因西太平洋地區每年上升約 1 公分，是其他地方的 3 倍。中震次數民 98 年與民 105 年明顯偏高，但民 98-106 年歷史強震變化不明顯，但中震變化差異較大，若時間再拉更長，可發現地震週期。
3. 夏月(遠日點)與冬月(近日點)與地震的關係分析發現
 - (1) 中度規模地震占全年比例，民 98、100、101、103 年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，民 98 年的近日點與遠日點地震合計將近 48%，顯示在近日點與遠日點地震機率較高，可能是離太陽較遠，反而受月球引力影響較大所影響。
 - (2) 強震發生在遠日點與近日點占全年比例，民 100、101、102 年這三年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，且民 100、101 二年近日點

與遠日點合計超過 40%。

- (3)中、強震的比例發生在遠日點(夏至)都高於近日點(冬至)，僅民 104、106 年近日點高於遠日點。以遠日點發生地震機率最高。推測是在遠日點時，受太陽引力影響較小，發生地震的機會受月球引力影響較大。若輔以潮汐分析會更能判斷遠日點及近日點潮汐與地震是否相關。
- (4)推算近日點(冬至)與遠日點(夏至)的地球與太陽間的萬有引力少 $1.8 \times 10^{32}(\text{N})$ 。在遠日點受月球引力及所帶動的潮汐影響地震較大，受太陽引力較小之故。

(二)地球外部引力實驗

由磁力代表引力實驗中發現

1. 磁鐵在靠近下層磁鐵引起磁力作用吸附下層磁鐵的距離所成角度（如地殼與月亮仰角）：兩磁鐵一樣大時，角度約為 43-45 度；而大小磁鐵磁力差距大時，仰角變為低於 45 度（平均為 38 度）；若垂直距離增加，則水平距離減少，角度變大，仰角約為 53 度以上。
2. 磁鐵越多吸附距離越長，磁力較強，但仰角最低，彷彿月球接近地球時，在仰角 60 度以下機率最高。

(三)模型製作

- 1.地球板塊、地震帶模型：可實際了解地震帶及板塊運動間的實際位置模型，可與實際世界地圖比對。
- 2.板塊與月球引力交互作用模型：當鐵絲或磁鐵移動時，彷彿月球引力對地殼有引力，造成板塊有振動情形，能模擬月球與板塊運動的現象。

(四)教學參觀

- 1.參觀國立自然科學博物館霧峰 921 地震教育園區，除實際了解地震發生狀況外，更能改進本研究許多實驗及模型製作，同學更加了解地震發生原因。

二、建議

- (一)歷史強震中未探討地震與月亮仰角與潮汐間之關連性，以日夜間時間月亮仰角來做探討，但地震是複雜的現象，包括地函內部的反應等，若結合過去別人的科展研究，可使地震發生原因的研究更完整。
- (二)可將臺灣地區發生地震與板塊另一邊的地震次數時間做比對，或在國外發生地震後多久之時間內台灣地震也隨之發生之次數關聯分析，可

探討鄰近菲律賓板塊移動（受擠壓或拉扯）的現象，可與本研究做印證。

- (三)若時間及版面允許，加入**中級潮汐之漲退潮比例分析**，以及**強、中震合計分析**，更能分析了解民國 98 年地震與月亮仰角及潮汐的相關性，甚至可以**其他年度發生地震的隨機抽樣測試與 98 年的發生地震的月亮仰角和潮汐是否有相近的機率**，更可解釋整體研究的相關性。
- (四)可加入海平面上升高度及海水溫度與地震次數做相關性分析，證明地震近年是否真的受溫室效應影響而造成地震頻繁。

柒、未來研究方向

- (一)製作**月亮繞行軌道，與潮汐漲退之間地球上地殼擾動地的模擬影片**，將虛擬抽象的改念更具體化模擬。
- (二)設計一組公式或依照每年農曆月相資料，每當**輸入一組日期時間點，立刻可計算出月亮所在位置及潮汐狀況，更具體可推斷發生地震當時的月亮位置和潮汐關係**。
- (三)將**歷史地震的潮汐、月球仰角、海平面上升、地球公轉受近日點與遠日點的影響**等綜合因素，變成可能預測發生的時間機率，供研究及提醒民眾此時發生地震及強震的機率供逃生及防災之參考

捌、參考文獻

一、書籍資料

- 黃清和（民 83）。地球科學全集（10）我們的地球。台北：眾文圖書股份有限公司
- 徐永松（民 90）。21 世紀兒童智慧百科（8）地球小百科。台北：鴻福印刷裝訂有限公司。
- 李光雄（民 96）。地球新世界。台南市：世一文化事業股份有限公司。
- 王鑫編（主編）（民 89）。21 世紀中國孩子的知識寶典-新知識。103 卷自然與環境，地球的誕生。台北：圖文出版事業股份有限公司。
- 牛頓出版公司（民 98）。自然與生活科技領域第七冊。第三單元颱風和地震。
- 牛頓出版公司（民 98）。自然與生活領域第五冊。第一單元物質與熱。
- 牛頓出版公司（民 98）。地震大解剖【深入版】。臺北：牛頓出版公司。
- 周易（1999）。台灣大地震—防災逃生秘笈。彰化：文心出版社。P55-85。
- 謝旻珈(民99)。利用地震規模頻率分佈特性分析大地震發生之趨勢。第50屆全國科展高中組地球科學科。
- 黃泰寧、李承修、郭明儒(民98)。潮汐成因分析與探究-以花蓮港為例。第49屆全國科展高中組地球科學科。

陳仟袖、曾子華、林均容(民105)，「震」去「震」又回—臺灣西南近海地震群實例研究。第56屆全國科展高中組地球與行星科學科。

王子誥、吳宗諭(民105)。震震有聲水峰鳴-探討利用水波當成地震警報器之可行性。第57屆全國科展國中組地球科學科。

二、網站資料：

1.維基百科：

<http://zh.wikipedia.org/zh-hk/%E6%9C%88%E7%90%83%E8%BB%8C%E9%81%93#.E6.9C.88.E7.90.83.E8.BB.8C.E9.81.93.E7.9A.84.E7.89.B9.E6.80.A7>

2.月球引力可能是地球發生地震的導火線：

<http://tech.big5.enorth.com.cn/system/2004/11/03/000895349.shtml>

3.月球引力可引發規律升降：

http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/200809/t20080909_63799.htm

4.月球的運動：<http://web.fsjh.ilc.edu.tw:834/layman/earth/moonmove.htm>

5.潮汐：<http://www.kles.tnc.edu.tw/~sya/tide.htm>

6.中央氣象局：<http://www.cwb.gov.tw/>

7.中央氣象局地震測報地理資訊系統 <http://scgis.cwb.gov.tw/>

8.地震百問：<http://scman.cwb.gov.tw/eqv5/eq100/eq100.htm>

9.台灣地震查詢：<http://gis.geo.ncu.edu.tw/gis/eq/>

10.認識地震 了解地震：<http://www.puli.com.tw/earthquakea/>

11.台灣地震觀測：<http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/esf/magazine/970303.htm>

12.板塊運動：http://content.edu.tw/senior/earth/tp_ml/plate/plindex.htm

13.地震的斷層現象：<http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/esf/magazine/990902.htm>

14.認識斷層：<http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/eq/sec2.htm>

15.台灣板塊與地震帶：<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!HK.tbi.aAx4vuml2.s9oVEyZPs-/article?mid=1390>

16.海水均溫上升：<https://www.nippon.com/hk/in-depth/a03505/>

17.2016年連續三年氣溫創紀錄：<http://technews.tw/2017/01/19/2016-is-the-warmest-year-on-record/>

18.海平面上升趨勢：<http://www.lex.idv.tw/?p=2003>

三、影片資料：

1. SONY（索尼影業），電影「2012」，民98年。

2. 國家地理頻道（NGC），大自然浩劫：終極災難-地震。

3. 中國電視公司：縱橫天下-地震成因新論點。民國99.03.24晚上10點

4. 民視新聞台：臺灣演義-臺灣百年天災-地震篇。民國99.05.01晚上8點

5. 民視新聞：1070305「0206花蓮地震」斷層帶範圍及強度上修報導。

6. 潮汐現象：<https://www.youtube.com/watch?v=7K2joTmmxi0>

玖、附件

附件一：1900 年後歷史強震統計表 (1900 至 2018 年 3 月歷史強震(共 345 次) (簡略呈現前 2 頁)

編號	地震時間	地點	漲退潮	時	分	農曆	月出時刻	月出時 E		過中天	月中天		仰角 Θ	月沒時刻	月末時 W		月亮仰角	公式
							hh:mm	時	分	hh:mm	時	分		hh:mm	時	分		
1	2018/2/7 23:21	花蓮	漲 1	23	21	106.12.22	23:29	23	29	05:20	5	20	55	11:11	11	11	月出前 3 小時內	
2	2018/2/7 03:15	花蓮	滿	3	15	106.12.22	23:29	23	29	05:20	5	20	55	11:11	11	11	35.4	A
3	2018/2/7 02:07	花蓮	漲 5	2	7	106.12.22	23:29	23	29	05:20	5	20	55	11:11	11	11	24.8	A
4	2018/2/7 02:00	花蓮	漲 5	2	0	106.12.22	23:29	23	29	05:20	5	20	55	11:11	11	11	23.7	A
5	2018/2/6 23:53	花蓮	漲 3	23	53	106.12.21	23:26	23	26	04:34	4	34	59	10:33	10	33	5.2	A
6	2018/2/6 23:50	花蓮	漲 3	23	50	106.12.21	23:26	23	26	04:34	4	34	59	10:33	10	33	4.6	A
7	2018/2/5 23:58	花蓮	漲 4	23	58	106.12.20	22:31	22	31	03:47	3	47	64	09:55	9	55	17.6	A
8	2018/2/4 22:13	花蓮	漲 3	22	13	106.12.19	21:35	21	35	02:58	2	58	69	09:15	9	15	8.1	A
9	2018/2/4 21:56	花蓮	漲 2	21	56	106.12.19	21:35	21	35	02:58	2	58	69	09:15	9	15	4.5	A
10	2018/2/4 21:12	花蓮	漲 2	21	12	106.12.19	21:35	21	35	02:58	2	58	69	09:15	9	15	1.4	A
11	2018/1/17 13:59	台北	退 2	13	59	106.12.01	06:34	6	34	12:06	12	6	45	17:40	17	40	29.8	B
12	2017/12/8 11:44	宜蘭	漲 3	11	44	106.10.21	22:12	22	12	03:57	3	57	82	10:40	10	40	月沒後 3 小時內	
13	2017/11/22 22:20	嘉義	漲 3	22	20	106.10.05	09:08	9	8	14:41	14	41	45	20:14	20	14	月沒後 3 小時內	
14	2017/11/11 20:22	南投	退 3	20	22	106.09.23	—			06:04	6	4	81	12:44	12	44	月背中天	
15	2017/11/4 07:34	花蓮	漲 3	7	34	106.09.16	17:37	17	37	—			—	05:47	5	47	月沒後 3 小時內	
16	2017/10/30 07:15	花蓮	退 1	7	15	106.09.11	14:06	14	6	19:57	19	57	55	00:56	0	56	月背中天	
17	2017/10/12 02:45	宜蘭	滿	2	45	106.08.23	23:27	23	27	05:20	5	20	85	12:11	12	11	月沒後 3 小時內	
18	2017/9/28 05:56	宜蘭	退 2	5	56	106.08.09	12:31	12	31	18:05	18	5	46	23:39	23	39	月背中天	
19	2017/9/20 22:29	花蓮	漲 5	22	29	106.08.01	05:32	5	32	11:53	11	53	70	18:09	18	9	月沒後 3 到 5 小時	
20	2017/8/13 08:08	臺東	乾	8	8	106.06.22	22:22	22	22	03:59	3	59	70	10:20	10	20	24.3	B
21	2017/8/4 19:19	宜蘭	漲 4	19	19	106.06.13	15:57	15	57	21:32	21	32	46	02:19	2	17	27.7	A
22	2017/7/27 15:08	臺東	退 2	15	8	106.06.05	09:03	9	3	15:25	15	25	70	21:42	21	42	66.9	A
23	2017/6/21 15:25	宜蘭	漲 1	15	25	106.05.27	02:28	2	28	09:02	9	2	78	15:40	15	40	2.9	B

24	2017/6/4 21:24	宜蘭	退 2	21	24	106.05.10	14:15	14	15	20:20	20	20	62	01:46	1	46	65.6	B
25	2017/5/24 21:10	嘉義	漲 5	21	10	106.04.29	03:52	3	52	10:21	10	21	76	16:55	16	55	月沒後3到5小時	
26	2017/5/16 07:12	臺東	退 5	7	12	106.04.21	22:54	22	54	03:43	3	43	46	09:19	9	19	17.4	B
27	2017/4/30 09:57	臺東	漲 3	9	57	106.04.05	08:48	8	48	15:39	15	39	85	22:31	22	31	14.3	A
28	2017/4/14 03:41	基隆	退 3	3	41	106.03.18	20:56	20	56	01:52	1	52	52	07:36	7	36	35.5	B
29	2017/3/8 06:10	宜蘭	漲 5	6	10	106.02.11	14:01	14	1	20:49	20	49	83	02:42	2	42	月沒後3到5小時	
30	2017/2/28 00:18	宜蘭	退 1	0	18	106.02.03	07:24	7	24	13:30	13	30	63	19:41	19	41	月沒後3到5小時	
31	2017/2/11 01:12	臺南	退 2	1	12	106.01.15	18:10	18	10	—			—	06:30	6	30	月沒後3小時內	
32	2016/12/30 08:30	宜蘭	漲 3	8	30	105.12.02	07:06	7	6	12:43	12	43	47	18:20	18	20	11.7	A
33	2016/12/15 22:14	臺東	漲 4	22	14	105.11.17	18:45	18	45	00:34	0	34	85	07:26	7	26	50.9	A
34	2016/12/9 12:09	宜蘭	乾	12	9	105.11.11	13:27	13	27	19:43	19	43	69	01:03	1	3	月出前3小時內	
35	2016/11/30 20:04	臺東	漲 3	20	4	105.11.02	06:42	6	42	12:20	12	20	48	17:57	17	57	月沒後3小時內	
36	2016/11/25 05:55	花蓮	漲 5	5	55	105.10.26	02:32	2	32	08:38	8	38	63	14:41	14	41	34.9	A
37	2016/11/12 06:25	花蓮	漲 5	6	25	105.10.13	15:35	15	35	21:56	21	56	71	03:18	3	18	月沒後3到5小時	
38	2016/11/7 19:56	臺東	退 5	19	56	105.10.08	11:56	11	56	17:38	17	38	50	23:22	23	22	29.9	B
39	2016/10/25 12:45	臺東	乾	12	45	105.09.25	01:08	1	8	07:42	7	42	77	14:12	14	12	17.2	B
40	2016/10/6 23:52	臺東	漲 4	23	52	105.09.06	09:59	9	59	15:39	15	39	48	21:17	21	17	月沒後3小時內	
41	2016/9/28 17:38	宜蘭	漲 2	17	38	105.08.28	03:12	3	12	09:44	9	44	76	16:11	16	11	月沒後3小時內	
42	2016/6/24 05:05	花蓮	退 3	5	5	105.05.20	21:46	21	46	02:44	2	44	51	08:31	8	31	30.3	B
43	2016/6/20 08:39	臺東	漲 3	8	39	105.05.16	18:34	18	34	—			—	04:57	4	57	月沒後3到5小時	
44	2016/5/31 13:23	基隆	漲 2	13	23	105.04.25	01:12	1	12	07:20	7	20	64	13:32	13	32	1.5	B
45	2016/5/22 04:51	屏東	退 4	4	51	105.04.16	18:56	18	56	—			—	05:30	5	30		

資料來源：中央氣象局網站-作者整理

註一：A：農曆初 1-10（上旬）

B：農曆 11-20（中旬）

C：農曆 21-30（下旬）

註二：漲/退：數字表示第幾小時

註三：-表民國前幾年

附件二、臺灣歷史強震發生在日夜間及農曆上中下旬次數統計表

地震時間	日	夜	上旬	中旬	下旬
次數	172	173	125	114	106
合計	345		345		

附件三、臺灣歷史強震發生地點次數統計表

花蓮	宜蘭	台東	台南	基隆	嘉義	南投	屏東	高雄	台中	連江	新竹	雲林	苗栗	台北	彰化	合計
125	77	63	12	12	12	10	10	7	4	3	3	2	2	2	1	345

附件四、臺灣歷史強震與潮汐發生時間統計表

漲退潮時數	漲 1	漲 2	漲 3	漲 4	漲 5	滿	退 1	退 2	退 3	退 4	退 5	乾	合計
強震次數	32	31	34	23	21	42	28	33	23	18	29	31	345
漲退潮 5 小時	141					42	131					31	345
乾潮 6 小時											164		
滿潮 6 小時						181							
乾潮 6 小時%						52.5%							
滿潮 6 小時%						47.5%							
滿潮 3 小時	88				91			74					
乾潮 3 小時					92								
滿潮 3 小時%	25.5%				26.4%								
乾潮 3 小時%					26.7%			21.4%					
潮汐	漲潮過程次數				退潮過程次數				滿潮	乾潮			
強震次數	141				131				42	31			
潮汐	滿潮 6 小時				乾潮 6 小時				滿潮 3 小時	乾潮 3 小時	%		
強震次數	181				164				91	92	26.4%	26.7%	
合計	345								183		53.0%		
潮汐	滿潮 6 小時	乾潮 6 小時	滿潮 3 小時	乾潮 3 小時	漲潮 2-4 小時	退潮 2-4 小時							
強震次數	181	164	91	92	88	74							
%	52.5%	47.5%	26.4%	26.7%	25.5%	21%							

附件五、臺灣強震發生月份統計表

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
30	22	40	40	21	18	22	22	31	34	25	40	345

資料來源：中央氣象局網站-作者整理

附件六、臺灣強震發生時月亮仰角或所在位置統計表

歷史地震月亮仰角統計

月出前 3-5時	月出前 0-3時	0-30 度	30-60 度	60-90 度	90-60 度	60-30 度	30度	月沒到 3時	月沒 3-5時	月背 中天	缺資 料	合計
20	41	54	34	10	10	31	36	37	25	43	4	345
149				20		129			43	4	345	

資料來源：中央氣象局網站-作者整理

附件七、下載 2018 年月相資料並計算仰角角度-套 A 公式(節錄)

臺中

date	農曆	測量時間 1		測量時間 2		月出時刻	月出 E		過中天	過中天		仰角 Θ	月沒時刻	月沒 W		計算仰角 1	計算仰角 2	公式
		時	分	時	分		時	分		時	分			時	分			
2018-02-26	農曆 1 月 11 日					14:06	14	6	20:59	20	59	86	02:52	2	52			
2018-02-27	農曆 1 月 12 日					15:09	15	9	21:59	21	59	84	03:51	3	51			
2018-02-28	農曆 1 月 13 日	19	0	21	0	16:13	16	13	22:58	22	58	81	04:47	4	47	33.4	57.4	A
2018-03-01	農曆 1 月 14 日					17:18	17	18	23:54	23	54	77	05:38	5	38			
2018-03-02	農曆 1 月 15 日	20	0	23	10	18:20	18	20	23:50	23	50	75	06:25	6	25	22.7	65.9	A
2018-03-03	農曆 1 月 16 日					19:21	19	21	00:47	0	47	72	07:09	7	9			
2018-03-04	農曆 1 月 17 日					20:19	20	19	01:38	1	38	67	07:50	7	50			

資料來源：中央氣象局網站-作者整理

附件八、民 98-106 年中度以上地震次數百分比分析表

年度	中度規模地震總次數	中震遠日點 5/22-7/22	中震近日點 11/22-1/22	中震佔全年比例 (遠日點)	中震佔全年比例 (近日點)	合計佔全年比例
98	587	178	107	30.3%	18.2%	48.6%
99	413	53	49	12.8%	11.9%	24.7%
100	498	117	90	23.5%	18.1%	41.6%
101	455	109	75	24.0%	16.5%	40.4%
102	513	73	61	14.2%	11.9%	26.1%
103	394	84	65	21.3%	16.5%	37.8%
104	430	49	66	11.4%	15.3%	26.7%
105	561	84	82	15.0%	14.6%	29.6%
106	345	46	84	13.3%	24.3%	37.7%

年度	強度規模地震總次數	強震遠日點 5/22-7/22	強震近日點 11/22-1/22	強震佔全年比例 (遠日點)	強震佔全年比例 (近日點)	合計佔全年比例
98	31	1	2	3.2%	6.5%	9.7%
99	40	5	3	12.5%	7.5%	20.0%
100	19	7	1	36.8%	5.3%	42.1%
101	28	7	6	25.0%	21.4%	46.4%
102	30	6	0	20.0%	0.0%	20.0%
103	30	4	3	13.3%	10.0%	23.3%
104	33	3	3	9.1%	9.1%	18.2%
105	34	4	5	11.8%	14.7%	26.5%
106	22	3	4	13.6%	18.2%	31.8%
年度	中強度規模地震總次數	中級以上遠日點 5/22-7/22	中級以上近日點 11/22-1/22	中震以上佔全年比例(遠日點)	中震以上佔全年比例(近日點)	合計佔全年比例
98	618	179	109	29.0%	17.6%	46.6%
99	453	58	52	12.8%	11.5%	24.3%
100	517	124	91	24.0%	17.6%	41.6%
101	483	116	81	24.0%	16.8%	40.8%
102	543	79	61	14.5%	11.2%	25.8%
103	424	88	68	20.8%	16.0%	36.8%
104	463	52	69	11.2%	14.9%	26.1%
105	595	88	87	14.8%	14.6%	29.4%
106	367	49	88	13.4%	24.0%	37.3%

資料來源：中央氣象局網站-作者整理

附件九：正切函數 (tan θ) 對照表

三角函數表		三角函數表	
角為0	正切值為0.0000	角為46	正切值為0.7193
角為1	正切值為0.0175	角為47	正切值為0.7314
角為2	正切值為0.0349	角為48	正切值為0.7431
角為3	正切值為0.0523	角為49	正切值為0.7547
角為4	正切值為0.0698	角為50	正切值為0.7660
角為5	正切值為0.0872	角為51	正切值為0.7771
角為6	正切值為0.1045	角為52	正切值為0.7880
角為7	正切值為0.1219	角為53	正切值為0.7986
角為8	正切值為0.1392	角為54	正切值為0.8090
角為9	正切值為0.1564	角為55	正切值為0.8192
角為10	正切值為0.1736	角為56	正切值為0.8290
角為11	正切值為0.1908	角為57	正切值為0.8387
角為12	正切值為0.2079	角為58	正切值為0.8480
角為13	正切值為0.2250	角為59	正切值為0.8572
角為14	正切值為0.2419	角為60	正切值為0.8660
角為15	正切值為0.2588	角為61	正切值為0.8746
角為16	正切值為0.2756	角為62	正切值為0.8829
角為17	正切值為0.2924	角為63	正切值為0.8910
角為18	正切值為0.3090	角為64	正切值為0.8988
角為19	正切值為0.3256	角為65	正切值為0.9063
角為20	正切值為0.3420	角為66	正切值為0.9135
角為21	正切值為0.3584	角為67	正切值為0.9205
角為22	正切值為0.3746	角為68	正切值為0.9272
角為23	正切值為0.3907	角為69	正切值為0.9336
角為24	正切值為0.4067	角為70	正切值為0.9397
角為25	正切值為0.4226	角為71	正切值為0.9455
角為26	正切值為0.4384	角為72	正切值為0.9511
角為27	正切值為0.4540	角為73	正切值為0.9563
角為28	正切值為0.4695	角為74	正切值為0.9613
角為29	正切值為0.4848	角為75	正切值為0.9659
角為30	正切值為0.5000	角為76	正切值為0.9703
角為31	正切值為0.5150	角為77	正切值為0.9744
角為32	正切值為0.5299	角為78	正切值為0.9781
角為33	正切值為0.5446	角為79	正切值為0.9816
角為34	正切值為0.5592	角為80	正切值為0.9848
角為35	正切值為0.5736	角為81	正切值為0.9877
角為36	正切值為0.5878	角為82	正切值為0.9903
角為37	正切值為0.6018	角為83	正切值為0.9925
角為38	正切值為0.6157	角為84	正切值為0.9945
角為39	正切值為0.6293	角為85	正切值為0.9962
角為40	正切值為0.6428	角為86	正切值為0.9976
角為41	正切值為0.6561	角為87	正切值為0.9986
角為42	正切值為0.6691	角為88	正切值為0.9994
角為43	正切值為0.6820	角為89	正切值為0.9998
角為44	正切值為0.6947	角為90	正切值為1.0000
角為45	正切值為1.0000		

【評語】 030501

所選題目是個有趣而且有物理意義的科學議題，研究的思路邏輯也正確，可惜對目標物(潮汐)的理解不足；更加缺少的是統計數據的分析，以致無法客觀判定其數據的統計可靠性。整體工作仍值得繼續努力。

壹、研究動機

我們發現月球的引力會影響潮汐，而地殼是否被月球引力所牽引？潮汐是否有可能將地球上的地殼和潮汐對歷史強震有相關？台灣地震是否與月球仰角有關？在月出前或某仰角內是否發生強震機率較高？強震發生在滿潮時機率如何？

在107年2月6日發生花蓮大地震，是農曆12月21日半夜，不知當時月亮仰角約幾度？或是月亮根本不在黑夜出現？而地震發生時，潮汐漲退狀況如何呢？大地震發生的時間都在夜晚嗎？是否可推估月亮發生地震的時候在哪裡？月亮仰角是多少度呢？是否還有其他外在原因呢？

於是我們問老師，一起來深入了解「地震」形成的原因，並模擬地球發生地震的各種狀況。

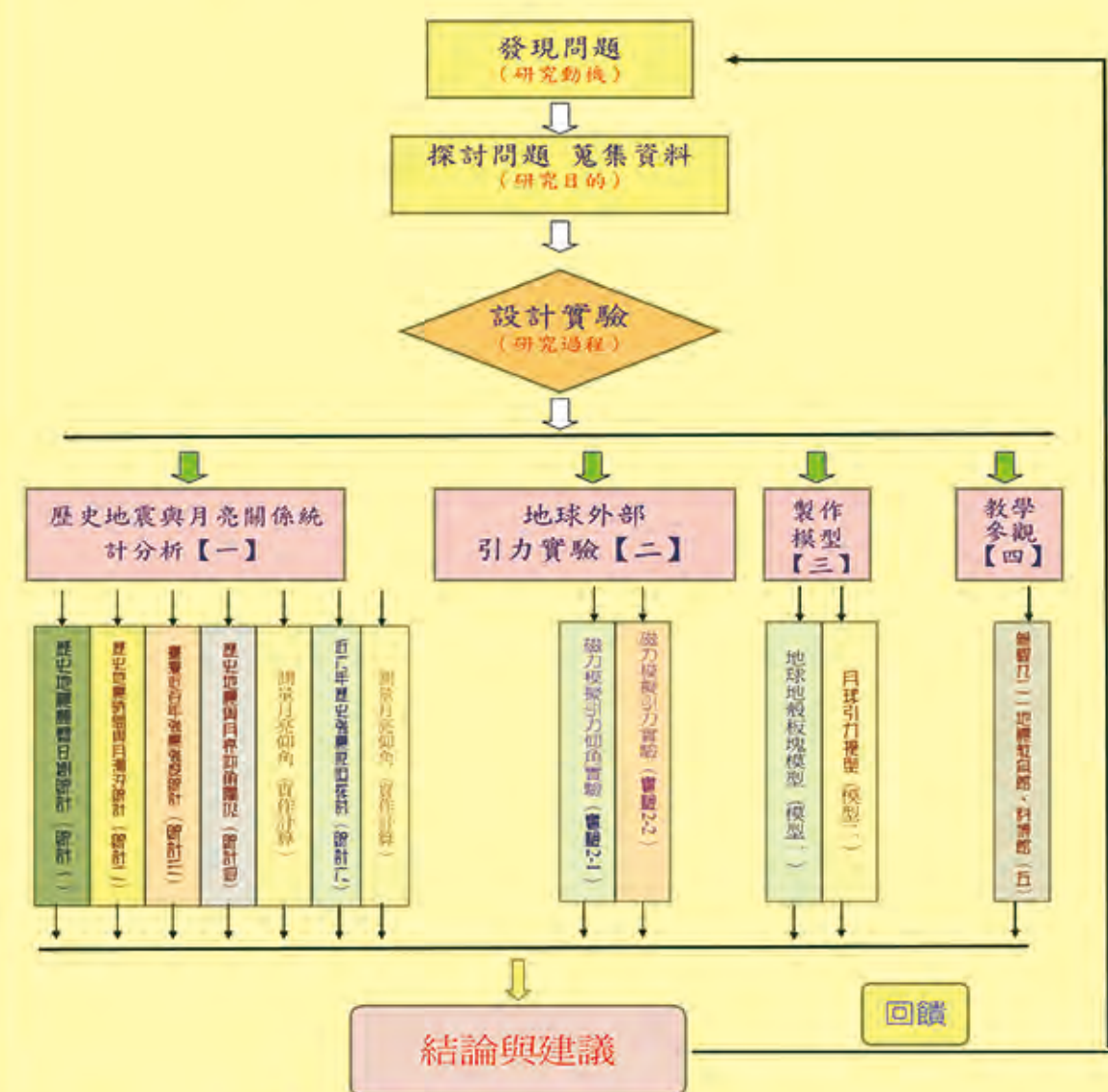
貳、研究目的

- 一、統計歷史地震發生在農曆上中下旬及白天晚上的比例。
- 二、研究歷史地震發生的時間與月球仰角之關係。
- 三、研究歷史地震與潮汐間的相關性。
- 四、研究歷史地震與夏月(遠日點)、冬月(近日點)對太陽與月球引力的相關性。

參、實驗器材

大小磁鐵(16個)、直尺、細線、地球儀一座、雙面膠、透明塑膠盒、車床木球座、鐵絲、鐵片、仰角量角器、平方公分板...等。

肆、研究架構流程



伍、實驗過程

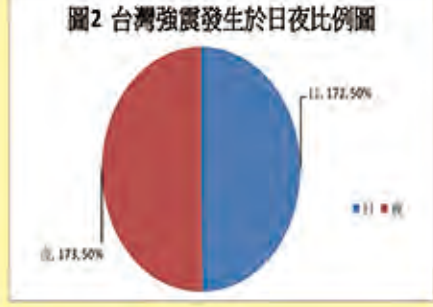
一、歷史地震與月亮關係統計分析

(一) 歷史地震轉換農曆日期統計與月亮引力相關分析

- 方法：**
- 1.自中央氣象局下載臺灣地區歷史地震紀錄。
 - 2.將歷史地震轉換為農曆日期。
 - 3.將歷史強震農曆日期分成上中下三旬分別統計次數。
 - 4.依據時間探討上、中、下旬月亮位置的相關性。

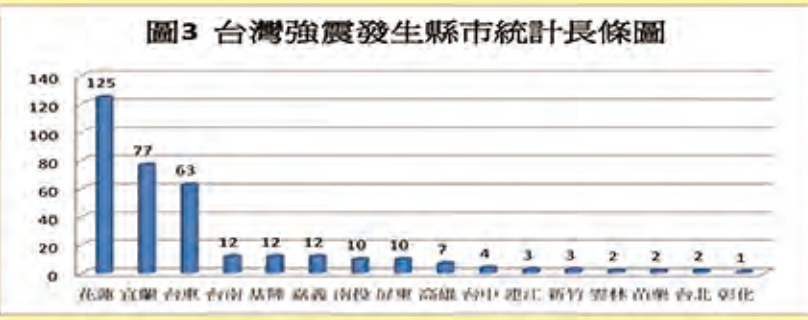
結果：發現

- 1.在1901年後台灣共345次強震統計結果：在農曆上旬(農初1-10)發生共125次(36%)地震發生在農曆上旬機率較高。【如圖1】
- 2.歷史強震172次在白天，173次在夜間，推斷白天月球在天空上方，與漲潮有些關聯，強震發生的原因再深究。【如圖2】



3.歷史強震發生地點

如圖3：花蓮最多共125次，其次宜蘭77次，再次為台東共63次。台灣強震多發為台灣東部(宜蘭花蓮台東)。【如圖3】



討論：本統計需注意幾點：

- 1.118年內五級以下之**中度**地震未列入研究範圍。
- 2.僅分為上中下旬分析、日夜間分析，較不完整，再探討月球仰角與潮汐對地震的相關性。

優點：

- 1.實際數字，**相關統計分析**為最**直接**，能**正確描述**關連性。
- 2.中央氣象局有地震完整統計測報資料及月相、潮汐等紀錄。

缺點：

- 1.範圍僅限台灣1901年後有紀錄之歷史強震，強度只限芮氏五級以上之強震。

(二) 歷史地震時間與潮汐關係統計分析

方法：

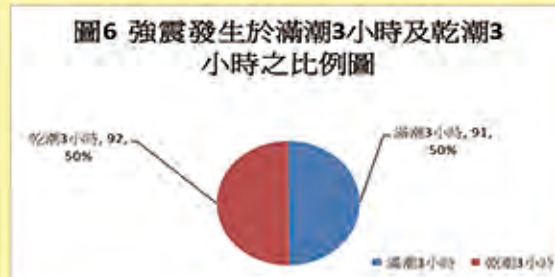
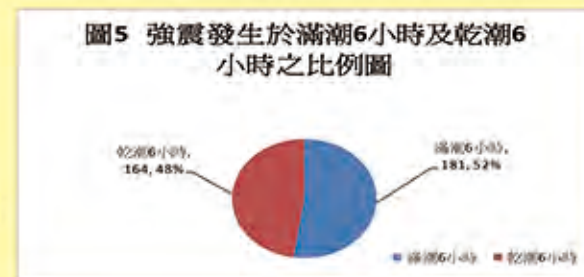
- 1.下載農曆潮汐時間表【每天漲退潮2次】，比對歷史地震發生時間之潮汐概況。
- 2.以滿潮及乾潮，以1小時為單位，分別統計地震發生於漲或退潮時數內統計分析。

結果：

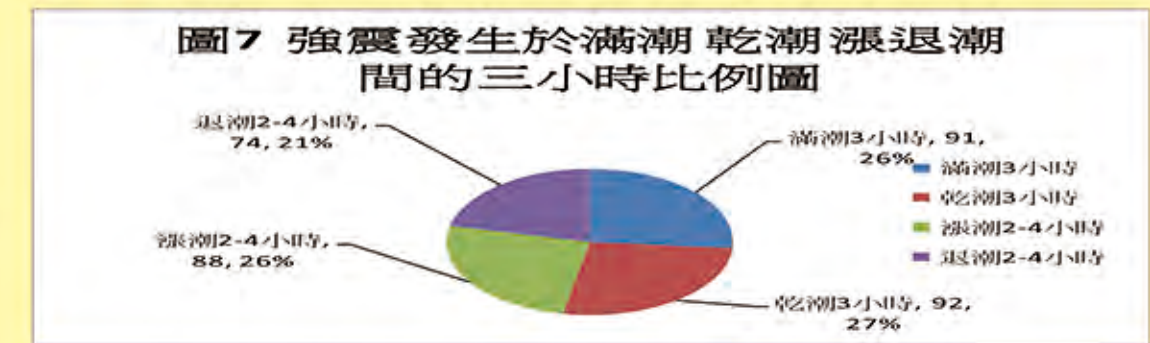
- 1.歷史強震發生在**滿潮次數最多達42次**，而漲潮1、2、3小時及退潮2小時和乾潮前後各一小時內發生強震次數均達30次以上。



- 2.在滿潮及乾潮各六小時內發生之地震比例為52%及48%，滿潮較多，強震比例及機會大。
- 3.在滿潮及乾潮各三小時內發生地震之次數各占50%，表示滿潮或乾潮並非影響因素。



- 4.345次強震於漲退潮各三小時內及乾滿潮前後三小時內做比較，結果發現在乾、滿潮及漲潮2-4小時內占26-27%強，而在退潮潮間之2-4小時為21%，明顯較低。故歷史強震受乾、滿潮現象影響，將近53%發生在漲潮2-4小時內，正是受**月球引力之作用力及反作用力**影響，並非只有漲潮有此現象，而是滿潮、乾潮發生因**板塊推擠或拉扯造成地震機會較大**。



(三) 台灣最近118年地震統計分析



方法：

- 方法：
- 1.自中央氣象局下載1901年到2018年3月全部地震統計資料。
 - 2.統計各月發生**芮氏規模5.0**以上強震數長條圖做比較分析。

結果：

- 發現
- 1.3、4、12月是強震數較多的月份，都有40次；其次是10月34次。而較少的是6月(18次)，2月和5-8月都較少。
 - 2.由圖8可知：1-4月及9-12月強震數較高與**季節性及上半年月球與地球最近點的關係**。

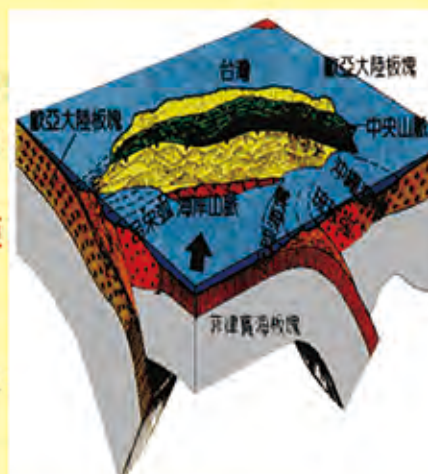
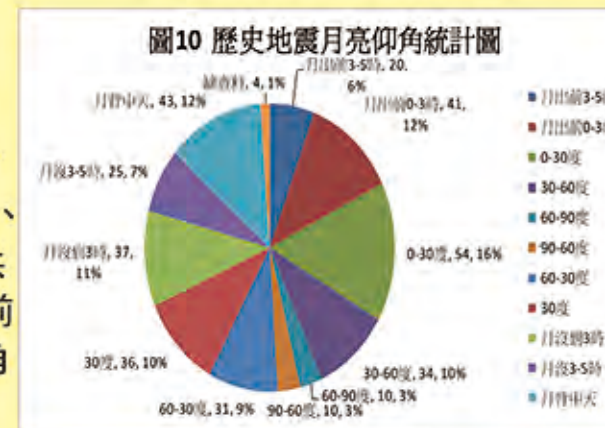
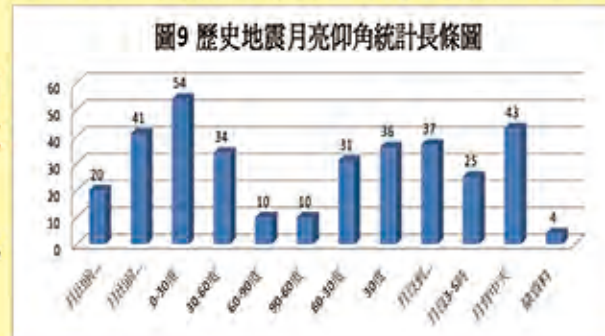
(四) 歷史地震與2017-2018年月亮仰角統計分析

方法：

- 1.自中央氣象局下載2017-2018年整年月相資料，包含**月出時間、月中天時間、仰角、方位角及月沒時間**，內含滿潮及乾潮時間，並轉成農曆時間。與歷史地震做比對。
- 2.將歷史地震時間與2017年農曆日期比對，計算地震當時月亮所在位置仰角。
- 3.今年隨機**擇三日**測量月亮仰角角度，以比對下載月相資料及公式計算是否誤差。
- 4.將歷史地震月亮仰角統計分析地震發生時與月亮仰角關係。

結果：

- 發現
- 1.由圖9、圖10可知：在上升月的「仰角30度內」最多，地震次數達54次(占16%)；其次是「月背中天」有43次占12%。
 - 2.由圖10可知：「月出前0-3時」及「仰角在0-30度間」的次數共95次，共占28%，表示在月出前發生地震機率較高，受月亮仰角及引力影響較大。



(資料來源：認識地震：為甚麼會發生地震？
<http://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/eqsect1.htm>)

(五) 觀月亮仰角與潮汐綜合統計分析

方法：

- 1.推論：一天中約有二次漲退潮(乾、滿潮)。但月亮卻只繞地球一圈，月球引力所帶起的漲潮有一次，月球的反作用力也會帶起漲潮，故潮汐漲退一天會有二次拉起地殼的引力或反作用力，月球引力直接吸引一天只有一次。
- 2.故月球仰角若以30度為間隔，漲或退潮3小時為同一間隔，將圖4、圖7、圖9及圖10結合作綜合分析。

結果： 發現如表一

表一：強震與潮汐、月亮仰角綜合分析表

潮汐	強震次數	月亮仰角	強震次數	說明
漲5	21	仰角 60-90度	10	63 其次是發生在滿潮
漲潮	42	仰角 90-60度	10	
退1	28	月背中天	43	
退5	29	月出前0-3小時	41	168 發生在乾潮前後 的月亮仰角0-30 度內、月出前後3 小時內次數最多。
乾潮	31	仰角0-30度	54	
漲1	32	仰角30-0度	36	
漲2	31	月末後0-3小時	37	59 正在漲潮中發生 強震次數較少
漲3	34	月末後3-5小時	25	
漲4	23	仰角 30-60度	34	
退2	33	月出前3-5小時	20	51 正在退潮中發生 強震次數較少
退3	23	仰角 60-30度	31	
退4	18			
其他	0	缺資料	4	
合計	345		345	

- 1.在乾潮前後一小時中的強震次數92次與月亮仰角0-30度內、月出前後3小時內次數最多達168次。顯示乾潮時與月亮仰角在地平線左右，強震機率高，可能是月亮引力對地殼側面的吸引力及乾潮時地殼被海水拉力的影響。其次是發生在滿潮時。

(六) 最近六年歷史強震數量倍增原因探討

2012年底統計的強震有159次，到2018年強震增加到345次，顯示這六年的強震次數比過去百年次數多達1.17倍左右，是什麼原因造成劇變？茲再統計分析。

六-1 搜尋最近11年內台灣地震次數分配表

方法：

- 1.用中央氣象局的地震進階搜尋功能，近11年來各年度強震及中震的次數。(如表二)



註：中央氣象局全球資訊網地震彙整功能：搜尋地震資料版面照

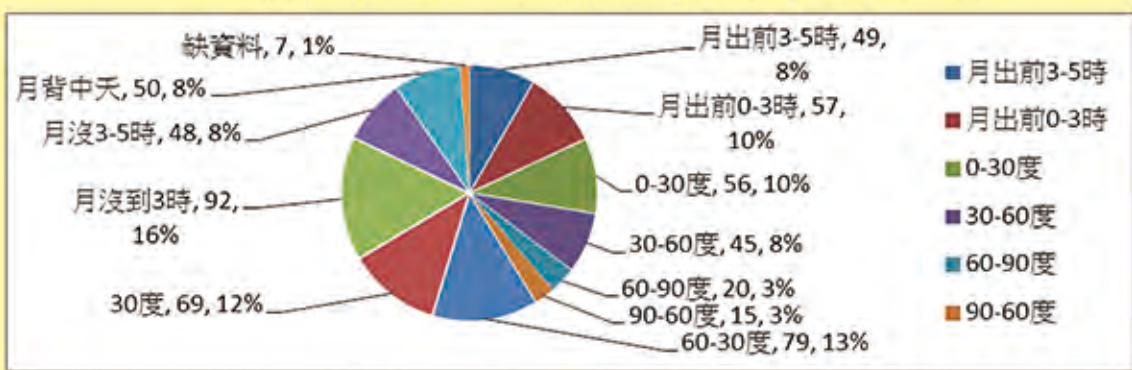
表二：近11年全年度地震次數統計表

年度	規模3.0-4.9 全年次數	規模5.0以上 全年次數	總次數	備註
107	322	22	344	統計至 107.05.30，全年未完
106	345	22	367	
105	561	34	595	
104	430	33	463	
103	394	30	424	
102	513	30	543	
101	455	28	483	
100	498	19	517	
99	413	40	453	
98	587	31	618	
97	375	22	397	

結果：

- 1.民國97年到107年5月30日止，強震以民99年最多，自民102年起每年都超過30次，民國107年初發生0206花蓮地震後餘震次數最多，目前統計到5月份止已約平常一年的地震次數。其中98年的總地震次數超過618次，中度地震次數587次最多，值得再深入分析。
- 2.民國98年的中度地震占全年比例最高，且全年地震數為近十年第二高，故以98年地震再分析月亮仰角相關性如圖11。結果發現月沒到3小時發生中震最高達16%，其次是過月中天的仰角60-30度達13%。與圖10強震與仰角的比較，強震是月出前到30度間比例較高，中震則是過月中天仰角30度以下到月沒後3小時內發生次數比較高。

圖11 民國98年中級規模地震月亮仰角統計圖



- 3.民98年中度地震587次做潮汐統計，發現在漲5時有68次最高，其次是漲2有61次；退4有60次；在滿潮和乾潮時反而較少。(如圖12)
- 4.漲潮3小時比例最高有168次占將近29%，乾潮三小時最少只有20%。顯示民98年中度地震受漲潮拉力影響較高，乾潮較少。(如圖13)

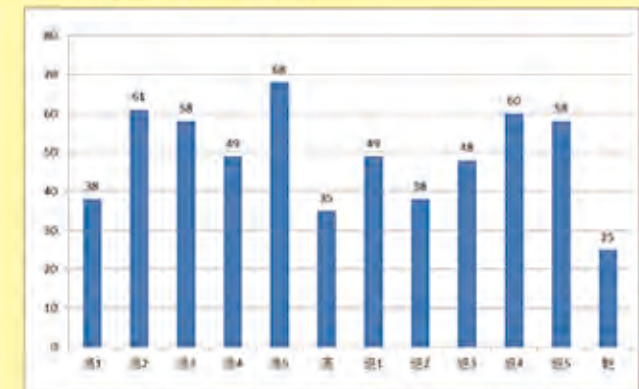


圖12 民國98年中級規模地震漲退潮統計圖

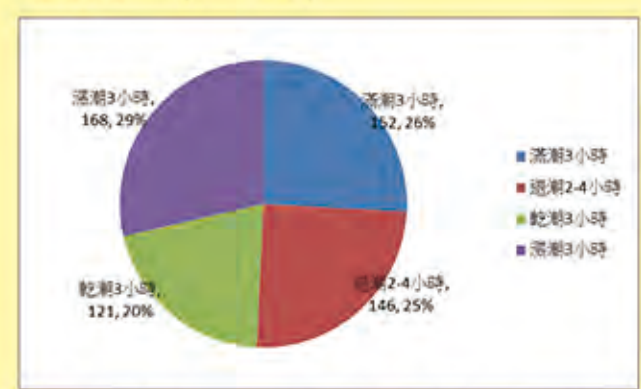


圖13 民國98年中級規模地震漲退潮各三小時比例圖

- 5.將345次強震做遠日點和近日點各2個月內分析，發生在遠日點夏月的次數最高，有48次占13.9%；而近日點冬月有33次占9.6%。(如圖14)
- 6.民98年的587次中震做遠日點和近日點各2個月內地震分析，發現中震發生在遠日點夏月的次數最高，有177次占當年中震的30.2%；而近日點冬月有119次占20.3%。(如圖15)

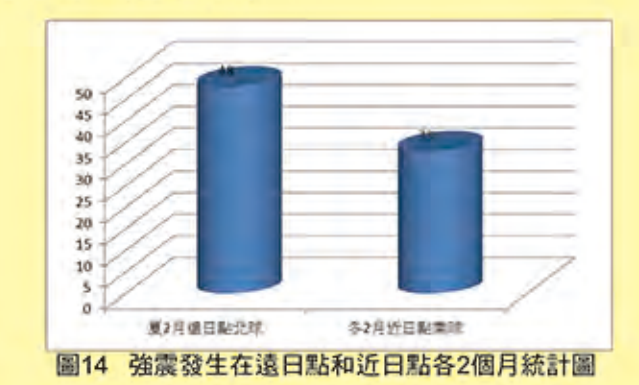


圖14 強震發生在遠日點和近日點各2個月統計圖

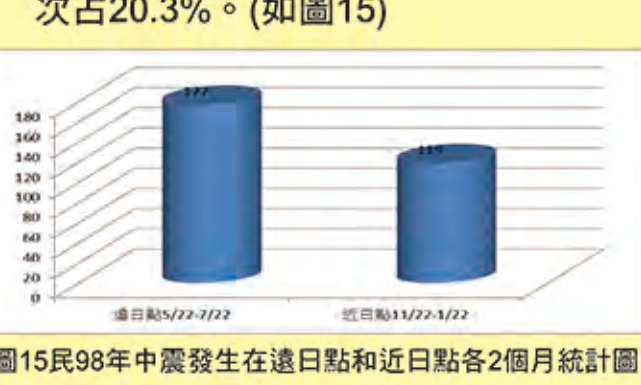


圖15 民98年中震發生在遠日點和近日點各2個月統計圖

- 7.綜上列345次強震，和民98年587次中度地震做近日點和遠日點地震次數分析發現：在遠日點發生中震和強震的機會較近日點高，推測是在遠日點時月球引力對地殼的吸引力遠較近日點還大，值得再做大數據分析。

六-2 海平面上升、水溫增加與地震次數的關係分析

方法：

- 1.運用中央氣象局的地震進階搜尋功能，找出地震發生次數發展趨勢。
- 2.從文獻中發現全球平均水溫最近50年間大約上升了0.04度。太平洋的聖嬰現象(El Niño)及反聖嬰現象(La Niña)，陽光垂直照射赤道附近的海面、地面，所以單位面積的熱量最大。歷史氣溫紀錄中為第3高，最高溫出現在2016年(民105)。1992年至2014年期間觀測到的海平面變化，每年平均上升0.3公分，但西太平洋地區每年上升約1公分，是其他地方的3倍。

結果： 發現如圖16(如附件八)

- 1.中震次數民98年與民105年(2016年)明顯偏高。
- 2.強震次數尚無明顯變化。
- 3.民98-106年歷史強震變化不明顯，但中震變化差異較大，若時間再拉更長，更可發現也許近10年的地震週期是密集頻繁的，而不只是近6年。

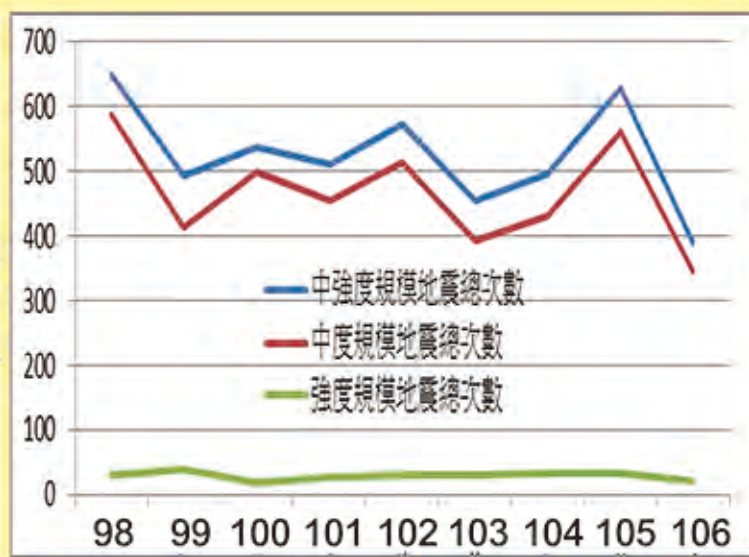


圖16 民98-106年中度以上地震次數發展趨勢圖

六-3 夏月(遠日點)與冬月(近日點)與地震的關係分析

方法：

- 1.運用中央氣象局搜尋出民98-106年的夏至(遠日點)及、冬至(近日點)前後一個月內發生地震的次數。
- 2.製作成圖17中震、圖18強震、圖19中度規模以上地震來分析。

結果： 發現如圖17~19所示

- 1.中度規模地震占全年比例，民98、100、101、103年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，民98年的近日點與遠日點地震合計將近48%，顯示在近日點與遠日點地震機率高，可能是離太陽較遠，反而受月球引力影響較大所影響。

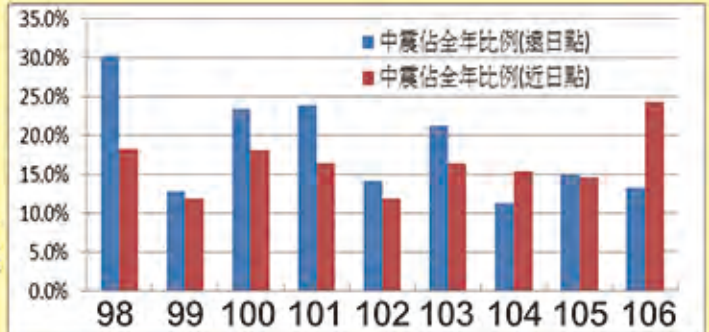


圖17 民98-106年近日點與遠日點中震占全年比例長條圖

- 2.強震發生在遠日點與近日點占全年比例，民100、101、102年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，且民100、101二年近日點與遠日點合計超過40%。

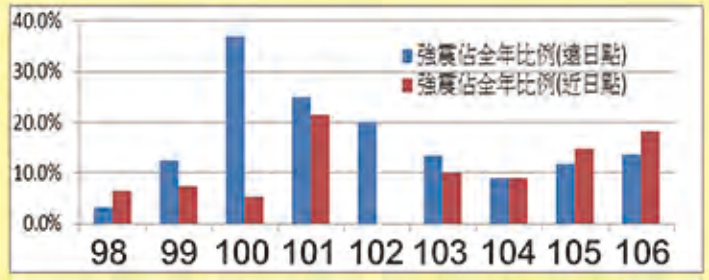


圖18 民98-106年近日點與遠日點強震占全年比例長條圖

- 3.中、強震的比例發生在遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，僅民104、106年近日點高於遠日點。且近日點與遠日點的地震發生比例合計超過40%者有民98、100、101年也都是以遠日點發生地震機率高。推測是遠日點受太陽引力影響較小，發生地震的機會受月球引力影響較大。

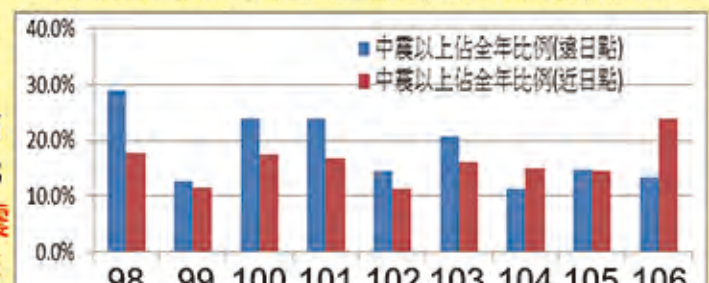


圖19 民98-106年近日點與遠日點中震以上占全年比例長條圖

- 4.推算近日點(冬至)與遠日點(夏至)的地球與太陽間的萬有引力少 2.3×10^{21} (N)，如圖20。故在遠日點受月球引力及所帶動的潮汐影響地震較大，受太陽引力較小之故。

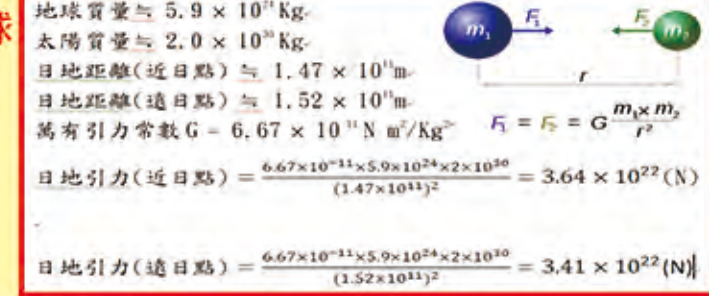


圖20 近日點與遠日點萬有引力差計算圖

(七) 觀測月亮仰角比對2010-2018年月相資料

方法：

- 1.下載2010年及2018年月亮出沒仰角方位角等年度月相資料。
- 2.比對同學測量當日農曆日期時間的月亮位置是否吻合，於整點時測量月亮仰角。
- 3.比對歷史地震農曆月日及發生時間點之月亮仰角度數。
- 4.統計分析歷史強震與月亮日夜間之仰角之關連性。
- 5.仰角計算公式如下圖21：

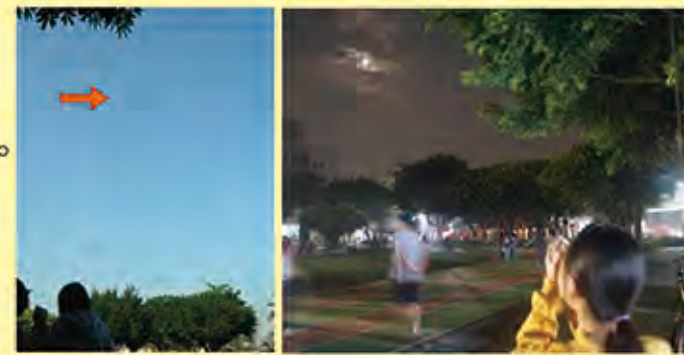
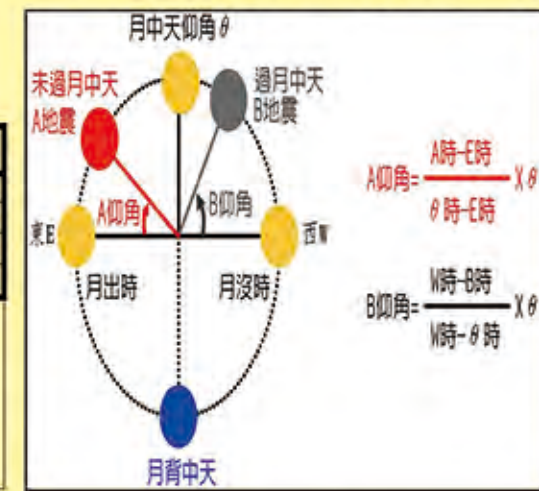


圖21 月亮仰角計算公式示意圖

結果： 測量與計算結果如下表四

表四：測量月亮仰角與計算仰角差異表

年度	農曆日期	農曆日期	測量時間	仰角	測量時間	仰角	測量時間	仰角	
2010年	遠望	5月5日	3月22日	07:30	40S	08:45	25S	09:30	20S
	近望	5月18日	4月3日	19:26	60S	20:00	40S	21:00	20S
2011年	遠望	4月12日	3月10日	18:00	70S	18:30	75S		
	近望	4月28日	1月13日	19:00	36S	21:00	65S		
2018年	遠望	3月2日	1月15日	20:00	20S	23:10	59S		
	近望	3月2日	元宵節	22:7S			65.9S		



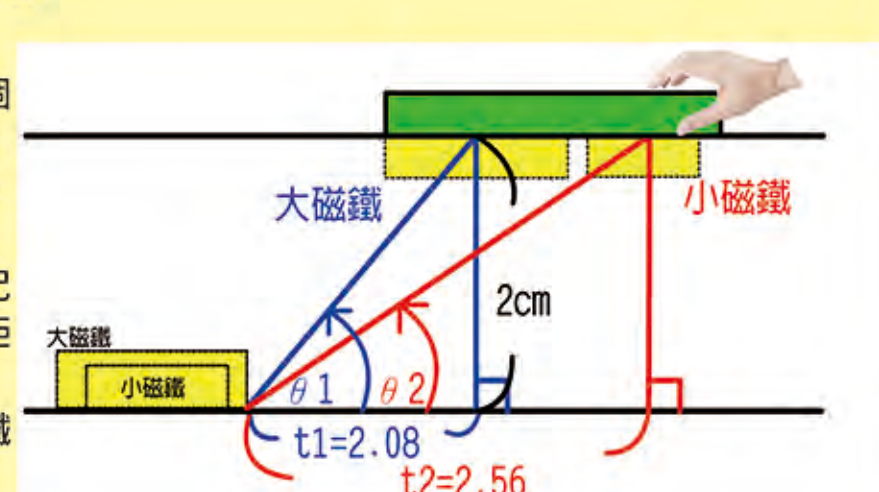
- 1.以計算仰角公式計算發現2010.05.05(農3/22)計算仰角與實際測量接近。而2011.04.12(農3/10)、2018.02.28(農1/13)及03.02(農1/15元宵節)皆與公式計算及農曆月相接近，誤差小。
- 2.由2010及2018年農曆月相推斷歷史地震時月亮仰角，依公式求出歷史地震發生時之月亮仰角。

二、地球外部引力實驗

二-1 磁力模擬引力仰角實驗一

方法：

- 1.取二個相同的圓形磁鐵，一個置於桌面，下方墊著公分板；另一個置於2公分高的透明墊板上。
- 2.將另一個磁鐵自遠方靠近，紀錄桌面磁鐵被吸附時的水平距離，操作5次取平均值。
- 3.以相同方式換成較大圓型磁鐵操作5次取平均值。
- 4.墊高高度再做一次，重複5次取平均值。



$$\tan \theta 1 = \frac{2}{2.08} = 0.9615 \text{ 查表 } \theta 1 \approx 43.88^\circ$$

$$\tan \theta 2 = \frac{2}{2.56} = 0.7813 \text{ 查表 } \theta 2 \approx 38^\circ$$



結果：發現

1. 實驗結果記錄如表五 (查tan θ表如附件八)

表五：不同磁鐵大小吸力平均高度表

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2小磁鐵	2cm	2.1cm	2.2cm	2cm	2.1cm	2.08cm
大小磁鐵	2.5cm	2.9cm	2.5cm	2.5cm	2.4cm	2.56cm
大小磁鐵高2.5cm	1.7cm	1.7cm	2cm	2cm	1.8cm	1.84cm

2. 磁鐵在吸附下層磁鐵的距離所成角度 (如地殼與月亮仰角)：兩磁鐵一樣大時，角度約為43-45度；而磁力差距大時，仰角變為低於45度 (平均為38度)；若垂直距離增加，則水平距離減少，角度變大，仰角約為53度以上。

二-2 磁力模擬引力實驗二

方法：

- 取不同的圓形磁鐵放於透明盒蓋上，小磁鐵盒底，在盒底及蓋子各貼平方公分版測量距離。
- 將數個磁鐵自遠方慢慢靠近，紀錄盒底小磁鐵吸附時的水平距離取平均值。
- 以相同方式將上方換成較多個圓型磁鐵做3次取平均值。
- 盒子高度約2.5公分高，可計算仰角並分析實驗結果。

結果：發現

1. 實驗結果紀錄如下表

表六：不同磁鐵數量吸力平均高度計算仰角表

上方磁鐵數	1個	2個	3個	4個
第一次	0	1.5	2.5	2.5
第二次	0	1.5	2	2.5
第三次	0	1.5	2	2.5
平均	0	1.5	2.17	2.5
計算仰角	無	約59度	約41度	約45度

2. 查表計算 $\tan \theta = 2.5/1.5 = 1.666$ ，得知二個磁鐵時 θ 3仰角約59度。；三個磁鐵時 $\tan \theta = 2.5/2.17 = 0.86$ ，得知二個磁鐵時 θ 3仰角約41度(測量誤差)。四個磁鐵時 $\tan \theta = 2.5/2.5 = 1$ 仰角約45度。

3. 磁鐵越多吸附距離越長，磁力較強，但仰角最低，彷彿月球接近地球時，在仰角60度以下地震機率最高。

三、製作地殼模型

三-1 製作地球板塊、地震帶模型

方法：

- 取一地球儀，依板塊地圖繪製板塊於地球儀上。
- 以黑色筆繪製板塊邊界線；以紅色圓點代表地震規模，以標示地震帶。
- 可解釋及模擬地球上板塊位置。

結果：發現

- 以地球儀確切位置標示板塊及地震帶可看到板塊位置。
- 以帶狀呈現地震帶及地震發生地點，可觀察地震帶。
- 各板塊相對位置與世界地圖地理位置可相互對照。

三-2 製作板塊與月球引力交互作用模型

方法：

- 請車床工製作可旋轉之木球，畫好板塊大約位置形狀。
- 以黑色筆繪製板塊邊界線；以紅色描邊以示地震帶。
- 以白紙描縮小板塊在鐵片上，並以剪刀剪下，以鐵釘懸空固定在木球上寫上板塊名稱。
- 在木球正上方鑽孔，以鐵絲穿上約5顆孔形磁鐵，使其能上下移動。

結果：發現

- 以磁鐵上下移動時，板塊鐵片會稍微震動。
- 當鐵絲繞圈或移往別處時，鐵片仍會稍微震動。
- 當鐵絲或磁鐵移動時，彷彿月球對地殼有引力，造成板塊有振動情形，能模擬月球與板塊運動的現象。

四、參觀地震博物館實況

方法：

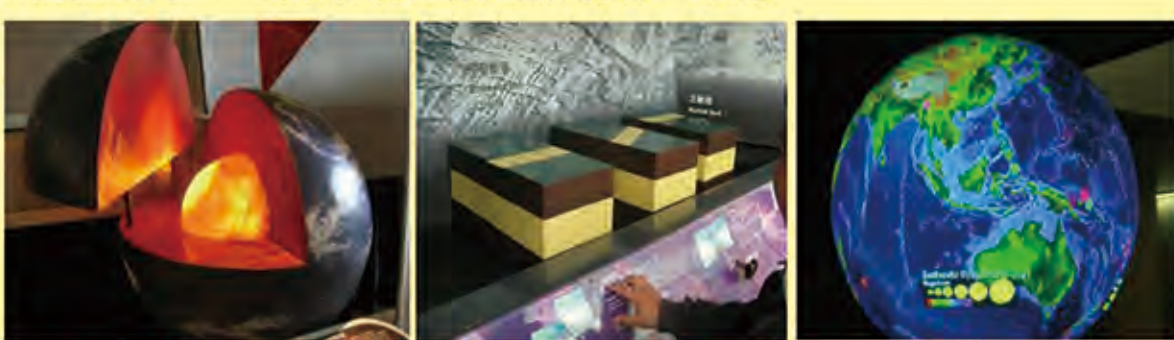
- 於107.02.09 (五) 寒假中安排參觀霧峰地震博物館。
- 參觀地震後地表建物、地殼的變化及災害紀錄。
- 探討地震發生的原因，以具體了解地球內部地震發生的狀況。
- 修改實驗設計補足本研究設計不足。
- 參觀臺中國立自然科學博物館SOS地球模型中之地震監控顯示器。
- 對地球板塊及地震監控之呈現更有具體概念。

優點：

- 時地看到地震發生情景及板塊之間的狀況。
- 可以看到地震發生的各種地形和模擬。
- 科博館的SOS模擬監控地球一個月內地震資訊及板塊位置，具體而先進，印象深刻。
- 知道板塊移動的能量，瞭解地球內部的狀況。

參觀後感想：

- 比做實驗更具體，了解實際發生地震內、外部狀況。
- 看到地震後的慘重狀況，跑道壘起如斷層斷裂面。
- 能體驗九二一的恐怖及在教室無法實驗的狀態。



陸、結論與建議

一、結論

(一) 歷史地震與月亮關係統計分析

1-1 由台灣歷史強震統計發現

- 農曆上旬發生共125次最多；表示地震發生在農曆上旬機率較高。
- 白天月球也有在天空上方，與月球間接影響的漲、退潮有關。
- 歷史強震花蓮最多，其次是宜蘭77次，台東63次。

(二) 歷史地震時間與潮汐關係統計分析

- 強震發生在滿潮次數最多達42次，而漲潮1、2、3小時及退潮2小時和乾潮前後各一小時內發生強震次數30次以上。
- 在滿潮及乾潮各六小時內發生之地震比例為52%及48%，滿潮較多4

%，表示發生在滿潮間六小時內的強震比例及機會較大。

3. 在滿潮及乾潮各三小時內發生地震之次數各占50%，表示滿潮或乾潮並非影響地震發生次數較高之絕對因素。

4. 台灣歷史強震受乾、滿潮現象影響，將近53%發生在漲潮2-4小時內，正是受月球引力之作用力及反作用力影響，並非只有漲潮有此現象，而是滿潮、乾潮發生因板塊推擠或拉扯造成地震機會較大。

1-3 台灣最近118年地震統計分析

1. 歷史強震發生在3、4、12月強震數都有40次；其次是10月有34次。而次數較少的是6月(18次)，2月和5-8月發生次數都較少。

2. 歷史強震發生在1-4月及9-12月強震數較高，與季節性及上下半年月球與地球最近點的關係。

1-4 歷史地震與2017-2018年月亮仰角統計分析

1. 在345次有紀錄的歷史強震中，在上升月的「仰角30度內」最多，地震次數達54次(占16%)；其次是「月背中天」有43次占12%。

2. 「月出前0-3時」、及「仰角在0-30度間」的次數共95次，共占28%，表示在月出前發生地震機率較高，受月亮仰角及引力影響較大；而「月背中天」有43次，共占12%，受月亮反作用力及乾潮引力影響居次。

3. 地震發生與月亮仰角有關，在月出前3小時及仰角0-30、30-60度間，月亮引力吸引臺灣東方的太平洋板塊和菲律賓板塊；過月中天後月亮仰角60度以下到月沒3時內，月亮吸引歐亞大陸板塊。因月亮仰角及引力造成板塊移動造成地震機率較高，而月背中天則是滿潮時間點，與強震發生在潮汐時間做比對，強震發生點與月亮所在位置及潮汐有引力上的相關聯。

1-5 月亮仰角與潮汐綜合統計分析

1. 在乾潮前後一小時中所發生的強震次數92次與月亮仰角0-30度內、月出前後3小時內次數最多達168次。顯示潮汐乾潮時與月亮仰角在地平線左右，其發生強震機率最高，原因可能是月亮引力對地殼側面的吸引力及乾潮時地殼被海水拉力的影響。

1-6 最近六年歷史強震數量倍增原因探討

1-6-1 搜尋最近11年內台灣地震次數分配表

1. 強震以民99年最多，自民102年起每年都超過30次，民107年初發生020 6花蓮地震後餘震次數最多。其中98年和101年的總地震次數超過600次，中度地震次數較多。

2. 民國98年的中度地震占全年比例最高，且全年地震數為近10年第二高，故以98年地震再分析月亮仰角相關性。發現月沒到3小時發生中震最高達16%，與圖10強震與仰角的比較，強震是月出前到30度間比例較高，中震則是過月中天仰角30度以下到月沒後3小時內發生次數比例較高。

1-6-2 海平面上升、水溫增加與地震次數的關係分析

1. 中震次數民98年與民105年(2016年)明顯偏高。

2. 民98-106年歷史強震變化不明顯，但中震變化差異較大，若時間再拉更長，更可發現也許近10年的地震週期是密集頻繁的不只是近6年。

1-6-3 夏月(遠日點)與冬月(近日點)與地震的關係分析

1. 中震民98、100、101、103年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，民98年的近日點與遠日點地震合計將近48%，故近日點與遠日點地震機率較高，可能是離太陽較遠，反而受月球引力影響較大所影響。

2. 強震發生在遠日點與近日點占全年比例，民100、101、102年遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，且民100、101二年近日點與遠日點合計超過40%。

3. 中、強震的比例發生在遠日點(夏至)都遠高於近日點(冬至)，近日點與遠日點的地震發生比例合計超過40%者有民98、100、101年，都以遠日點發生地震機率最高。推測是遠日點受太陽引力影響較小，發生地震的機會受月球引力影響較大。

4. 推算近日點(冬至)與遠日點(夏至)的地球與太陽間的萬有引力少 2.3×10^{-21} (N)。故在遠日點受月球引力及所帶動的潮汐影響地震較大，受太陽引力較小之故。

1-7 觀測月亮仰角比對2010-2018年月相資料

1. 以仰角公式計算發現實際測量三個時段皆與公式計算公式及農曆月相資料接近，誤差小。

2. 由此可推斷歷史地震時月亮仰角，依公式可計算歷史地震發生時之月亮位置或仰角。

(二) 地球外部引力實驗

由磁力代表引力實驗中發現

1. 磁鐵在靠近下層磁鐵引起磁力作用吸附下層磁鐵的距離所成角度 (如地殼與月亮仰角)：磁鐵一樣大時，角度為43-45度；而大小磁鐵磁力差距大仰角低於45度 (平均為38度)；若垂直距離增加，則水平距離減少，角度變大，仰角約為53度以上。

2. 磁鐵越多吸附距離越長，磁力較強，但仰角最低，彷彿月球接近地球時，在仰角60度以下機率最高。

(三) 模型製作

1. 地球板塊、地震帶模型：實際了解地震帶及板塊運動間的實際位置模型，可與世界地圖比對。

2. 板塊與月球引力交互作用模型：當鐵絲或磁鐵移動時，彷彿月球引力對地殼有引力，造成板塊有振動情形，能模擬月球與板塊運動的現象。

(四) 教學參觀

參觀國立自然科學博物館SOS地球模型及霧峰921地震教育園區，實際了解地震發生狀況，改進本研究實驗及模型製作，更了解地震發生原因。

二、建議

(一) 地震是複雜的現象，包括地函內部的反應等，若結合過去別人的科展研究，可使地震發生原因的研究更完整。

(二) 將臺灣發生地震與板塊另一邊的地震次數時間做比對，或在國外發生地震後台灣地震也隨之發生之次數關聯分析，可與本研究做印證。

(三) 若時間及版面允許可以其他年度發生地震的隨機抽樣測試與98年的發生地震的月亮仰角和潮汐是否有相近的機率，或做大數據統計普查分析更可解釋整體研究的相關性。

(四) 可加入海平面上升高度及海水溫度與地震次數做相關性分析，證明地震近年是否真的受溫室效應影響而造成地震頻繁。

柒、未來研究方向

(一) 製作月亮繞行軌道，與潮汐漲退之間地球上地殼擾動地的模擬影片，虛擬抽象的改念更具體化模擬。

(二) 設計一組公式或依照每年農曆月相資料，當輸入一組日期時間點，立刻可計算出月亮所在位置及潮汐狀況，具體可推斷地震當時的月亮位置和潮汐關係。

(三) 將歷史地震的潮汐、月球仰角、海平面上升、地球公轉受近日點與遠日點的影響等綜合因素，變成可預測地震的發生時間機率，研究及提醒民眾此時發生地震及強震的機率供逃生及防災參考。

捌、參考文獻(略)書籍、網站、影片等資料玖、附件(略)