

彩虹氣象戰顛讚—— 9 小時最長時間彩虹觀測世界紀錄！

周昆炫、劉清煌
中國文化大學大氣科學系

敘 言

感謝中華民國氣象學會邀請撰寫關於前年（2017 年）彩虹觀測紀錄的文章，剛好三月底的時候曾撰寫一篇給臉書論壇-地球星期三(Earth WED)的短文，因此將該篇文章稍微整理，並加入未來文大大氣系的彩虹觀測計畫作為本文的題材。文中主要是敘述這一年來的事件進展，略偏重於時間點的記述跟主觀的思緒呈現，可能有別過去學會論文的風格，在此提出說明，希望會員們可以諒解。另外，關於文中的”戰”字，雖然只是一個類比的文字，但對我而言，它的確是一個事實。為了增添本文的學術性，也將劉清煌教授於 2018 年 8 月發表在科學月刊的科普文章摘錄於文末。那就開始回顧這場驚奇的戰役吧！

記錄回顧

金氏世界紀錄觀測到的持續時間最長彩虹在臺北陽明山出現了！

2017 年 11 月 30 日，彩虹高掛陽明山長達 9 小時，這項令人驚奇的天文奇景經金氏世界紀錄認證，打破英格蘭約克郡韋瑟比在 1994 年 3 月 14 日創下的 6 小時紀錄。此紀錄為臺灣第一次以自然科學現象所認證成功的金氏世界紀錄，對中國文化大學、臺北市、臺灣的寓意相當深遠，不僅僅是中國文化大學之光，也是臺灣之光！

位於臺北市陽明山區的文大，在這次的地理位置、地形與天氣條件都合適的情況下，才能出現這麼長時間的彩虹。彩虹的形成需要水氣與陽光，11 月底正值秋冬季節，東北季風盛行，將海面上的水氣帶往陽明山所在的大屯山區。11 月 30 日風速適當的東北季風帶來源源不絕的水氣，加上逆溫層的存在，使得大量的水滴凝結聚集在文大東北側的山頭，而過山的沉降氣流又讓南側地區保持晴朗的天氣，陽光得以照射雨滴而形成彩虹。另一方面，光線進入水滴的方向與我們看到的彩虹有 42 度的夾角，時間愈接近中午，彩虹相對於地平線的仰角會愈低，甚至會落在地平線之下，這也是一般平地無法看見超持久彩虹的一項限制。但因為文大位於 400 公尺獨立的山頭上，彩虹低於地平線時正巧落在山谷中，從校區往山谷的方向依然能夠看到彩虹，因此當天從清晨到傍晚，彩虹就從文大西

北側的天空，下降到北邊的山谷，再上升到東北側的天空，完成這趟長達 9 小時的旅程。

如何戰？

D1(2017/11/27)早上，在辦公室中討論彩虹會下沉的現象，而當天竟然記錄到了早上 9 點到下午 3 點約 6 小時的持續彩虹，最持久彩虹(longest lasting rainbow)的戰爭也就此揭開序幕。前三天的作戰目標是如何收集到更多的照片來證明當天的彩虹持續超過 6 小時，如此便能超越 1994 年在英國韋瑟比出現的彩虹世界紀錄。D4 (2017/11/30)原本是要到學校附近的警察局調監視器來獲得更多照片，但 7 點左右一到學校，就看到彩虹掛在學校西南側的天空，虹頂之下正是臺北市盆地。一進辦公室，發現劉清煌老師也已經架好腳架，開始拍攝彩虹的縮時，而當天第一張彩虹照片就是由他在 6:57 所拍攝。有了 D1 的彩虹拍攝預演，當天一切就容易多了，馬上上網號召助理、研究生及全校師生開始記錄彩虹，在天時地利人和的條件下，我們當天的彩虹照片一直拍攝到下午 3:55 才結束。接下來幾天，為了獲得更多照片，也透過網路平台、學校廣播跟學校師生發起募集照片，而最後的成果就是蒐集了大約近萬張左右的照片，也完成了第一階段的作戰。我們之後就根據這些照片製作縮時影片、「彩虹時鐘」影片來向金氏世界紀錄(Guinness World Record, GWR)提出申請。

第二階段的作戰則是在開始向 GWR 聯繫到紀錄確認的過程，從 1 月份開始直到 1 月底(D30-D60)，透過數十封電子郵件的紀錄申請詢問與觀測資料提供，GWR 的紀錄認證人員也覺得我們的彩虹觀測非常特別，並且給予很高的評價可以挑戰 1994 年的最長彩虹紀錄。藉此戰況逐漸明朗底定，2 月到 3 月中旬這段期間(D60-D110)，我們則積極尋找贊助單位並協調校方安排後續簽約、付款、及安排授證典禮的活動，當然期間遇到的問題也不少，但也逐一順利克服。然而在授證前一天 3/16 (D110)我們收到 GWR 提出由於此觀測紀錄乃是相當重要的自然現象，要有具權威的第二單位來評論文大所分析的彩虹形成條件與氣象數據是否正確；所幸在中央氣象局鄭明典副局長協助下發出郵件說明我們的資料與分析相當正確與合理，當天下午 6 點半我們收到 GWR 倫敦總部的確認授證典禮是可以如期在 3/17 (D111)舉行，這也表示我們終於挑戰最長時間彩虹觀測紀錄成功，真是千鈞一髮。三週後，4/6 (D131)於 GWR 的官方網頁上正式勘登這項紀錄，但同樣迫於臺灣名稱無法於國際上公開認可，標註地點為中華台北，這是稍微感到美中不足的地方。

為何顛？

身為一個大氣科學系的老師，個人的研究專業是颱風研究，從沒想到無意間拍的彩虹現象可以被國內外媒體大篇幅的報導，特別是當英國每日郵報報導時，當下的感受真的有如作戰時正式開戰的感覺，因此開始欣喜若狂地尋求網路上的朋友幫忙關切那一篇報導的後續與評論，藉以瞭解國際上對長時間彩虹的看法。好在整體評價相當正面，因此後續國外 BBC、CNN、TIME 等傳播媒體也隨後給予報導。記得當時在學校看到 TIME 的網路報導時，個人也是不敢相信，一直在拋棄看看自己是不是在做夢，好在是真的，但手則隱痛了許久。

另一個顛抖的時刻是在 11/30 (D4)的中午，恰好是系上邀請外賓演講聚餐的時間，也剛好是彩虹持續時間超過 6 小時的時候，系上老師外賓也發現我座立難安、食不下嚥；而隨著助理將一張張的照片傳手機給我時，心情就一陣陣的雀躍，於是便隨便吃吃約一點左右，就趕緊趕到大義館頂樓享受那破紀錄的一刻。再來最顛抖的一刻就是 3/16(D110)的下午，這個突來的補充文件，讓我當時手足無措，甚至已經預想到授證記者會上要三鞠躬道歉來解釋授證延期的狀況；好在劉清煌老師馬上連繫鄭明典副局長協助提供背書，才得以讓紀錄順利認證完成。

有多讚？

如同媒體報導，這個天下掉下來的紀錄是真正的臺灣之「光」，能順利觀測到這個臺灣世界級的大氣光象，並讓它正式被世界所看見跟記錄到任何相關文獻中，是我個人最大的一個期許；很幸運地，在天時地利人和的情況下，我們讓這個紀錄留在臺灣了，這很讚！彩虹研究的歷史在東方最古老可追溯至中國唐朝孔穎達提出了「若雲薄漏日，日照雨滴則虹生」的發現，北宋孫彥先則有「虹乃雨中日影也，日照雨則有之」的論述；至於西方亞里斯多德是首位提出彩虹是太陽光不尋常反射空中的水滴所造成，牛頓則以玻璃稜鏡實驗證實虹是太陽光經過折射所形成的分光現象。因此當發現這個無意間觀測的彩虹紀錄竟然可以跟這些科學大師們的研究沾上邊，這似乎也值一個讚！另外，文大彩虹除了最久之外，虹出現的狀態也是最多樣，包括主虹、副虹、複虹等，也由於山上空氣乾淨，虹的分色也最明顯，因此未來文大彩虹研究團隊已經規畫進行彩虹成象科學相關研究，期許未來在科學研究上有新的突破，另外也將根據高解析度的數值模式資料來進行陽明山區的彩虹天氣預報，進而提供給相關單位應用於觀光推廣上，未來這若能實現，就更讚啦！

[D8 的感言]

以下是當時在國際媒體報導後在 12/4 (D8) 臉書留下的感言，目前雖然記錄已經正挑戰成功，但內心的澎湃仍不及當初的感動，在此再次分享出來讓大家知道當時的思緒與感動，希望下次邂逅另一道彩虹的，會是你！

感謝我的研究生（峻銘、書正、正祥、聖宇）、大氣系惠雯助教、郭韋辰、地學系師生、地學所所長、理學院院長，及文大師生們提供各種協助將這特別的觀測即時記錄下來，真的很幸運！資料連續性補強建議，TU 涂建翊；中午地平線下有彩虹確認，連國淵。特別感謝兩大外界援兵，英國每日郵報記者 Tiffany Lo，她是第一位報導的外媒記者，跟大陸訪問生提供很多中午的彩虹照片。最後感謝我的指導老師吳俊傑、家人們，以及肯定我的朋友給我能量，讓主虹很累時，又再度復燃。PS：這個狀況真的跟彩虹的形成很類似，當大氣條件不佳（水氣不足或是陽光被遮蔽），虹就會不見，這是我這週的體悟，在此分享給大家。有機會遇到我跟我握手吧！這樣是信賴的開始，正能量也開始傳遞。彩虹是向上看，向前看，也希望大家跟我一起看見彩虹！

高掛空中、歷時最長的彩虹

—2018 年 8 月劉清煌教授專文發表於科學月刊

〈細說彩虹〉

我們都做過光線分色的實驗，當光線通過三稜鏡時會被分色，此乃由於光線通過不同的介質時會產生折射，不同顏色的光的折射角度不同，根據司乃耳定律 (Snell's Law)，可算出偏折角度，波長較長的紅光偏折角度較小，而波長較短的藍色光、紫色光偏折角度較大，使得原先進入三稜鏡的白光離開三稜鏡時變成七彩的顏色。彩虹也是這個原理，天空中水滴扮演三稜鏡的角色，光線進入水滴後產生折射，不同顏色的光即產生分離，當光線到達水滴的另一側時，一部分的光線會直接穿出水滴，另一部份的光線在水滴的內緣被反射，被反射的光繼續在水滴內傳播離開水滴進入空氣。由於空氣與水滴乃不同介質，因此光線再一次發生折射，總共歷經 2 次折射、1 次反射，使得紅光與紫光的傳播方向朝不同的方向傳播。最後紅光離開水滴與入射光的夾角約 42 度，而紫光與入射光的夾角約 40 度。離開水滴後由於紅光與紫光各朝不同方向傳播，人若在定點位置，假設能看到此水滴所產生的紅光，那則看不到此水滴所折射出來的紫光，而所看到的紫光是來自於較下方（或是較內側）的水滴，所以看到的彩虹是紅光在外圈、紫光在內圈。有一部份的光會再一次被反射，再折射出水滴，歷經 2 次的反射及 2 次折射後，看到的彩虹就是霓，入射光與出射光的夾角約 51 度。如果同時看到虹與

霓，則虹在內圈、霓在外圈。虹的顏色分布，由內向外是：紫（靛）藍綠黃橙紅，而霓的次序則與虹相反。

人類肉眼所看到的彩虹均來自不同的水滴。對虹而言，紅光是來自較高（外側）的水滴，而紫光是來自較低（內側）的水滴，霓則與之相反。換句話說，要看到彩虹一定要有水滴及陽光，人的位置在彩虹與太陽中間，即太陽在東方時，彩虹一定在西方，太陽在西方時，彩虹一定在東方，而且虹的亮度一定比霓亮。另外，彩虹的清晰度（顏色分明）與水滴的大小有關，水滴越大，產生的分光效果越好，彩虹清晰度越好，此時水滴的直徑約1~2毫米，當水滴直徑小於0.1毫米時彩虹色澤會變得很不清楚，或呈現灰色狀況。另一個值得思考的問題，虹是光線在水滴中1次反射，而霓是光線在水滴中2次反射，有無可能光線在水滴中出現3次、4次甚至是更多次的反射呢？答案是肯定的，光線每歷經一次的反射，就會損失一部份的能量，經過多次反射後，能量所剩寥寥無幾，亮度也會衰弱許多，不易觀察到。文獻上記載2011年6月11日賽斯納(Michael Theusner)在德國席夫多夫(Schiffdorf)曾同時拍攝到3、4次反射的彩虹，方位是面對太陽方向離太陽約45度；2012年8月8日，伊登斯(Harald E. Edens)在美國新墨西哥州的朗繆爾(Langmuir)觀測台拍到5次反射的彩虹(Gunther P. Können, 2017, *Bulletin of the American Meteorological Society*)，出現的方位在虹與霓之間。

〈長延時彩虹〉

要看到彩虹不是什麼困難的事，下雨過後經常可觀測得到，但出現的時間往往僅數分鐘，要持續長時間看到彩虹就不是一件容易的事，除了天氣條件的配合外，與季節及地理位置均有很大的關係。1994年3月14日，在英國記錄到持續6小時的彩虹，被列入金氏世界紀錄。而在2017年11月27日，於陽明山中國文化大學也記錄到6小時的彩虹，且更在3天後相同地點記錄到持續近9小時的彩虹，超越原先6小時的金氏世界紀錄約3小時之久，此乃非常難以達到的紀錄，可說是上天給的禮物。但在文大連續觀測到2次長延時彩虹來看，似乎又不是那麼不容易的事，背後有其特殊的條件。由於地理環境與氣候因素使得文大成為全臺最容易看到長延時彩虹的地點，其主要原因有幾項天時、地利、人和的條件：

1. 天時—低太陽仰角：

前面有提到，虹、霓是出現在背對太陽的另一側，即太陽、人、彩虹圓弧中心點，三點呈一直線，類似蹺蹺板，人在支點的位置，當太陽在地平線時，彩虹圓弧的中心點也在地平線。隨後太陽的仰角慢慢升高，彩虹的中心點開始下降到地平線以下，但虹距彩虹圓弧中心有約40度的視角，霓有約51度的視角，所以

當太陽上升到 40 度仰角時，彩虹弧的最上側正好落在水平線，若太陽仰角繼續上升，虹已經落在地平線以下，根本看不到彩虹。接近中午時，太陽的仰角最高，也是觀測彩虹最困難的時候，要在中午還能看到彩虹，則太陽的仰角不能太高，所以只在冬天較有機會。太陽的仰角與時間及季節有關，冬天太陽位於南半球，陽明山地區太陽最高的仰角約在 40~50°之間，因太陽仰角不高，所以接近中午時仍有希望能看到彩虹。

2. 地理位置：

文化大學位於華岡凸出的小山頭上，南側可以俯望臺北市，西側可以俯望北投、關渡地區，北側可以俯望磺溪支流的山谷，從南到西到北的方向府望的視野都很好，因此，低仰角（在腳底下）的彩虹依然可以看得到。

3. 合適的天氣條件：

文化大學位於陽明山的南側，東北季風帶來的水氣，上坡後因地形抬升，水氣凝結成小水滴，氣流過山後空氣沉降無雲，使校區內有水滴、有陽光，乃形成彩虹的必要條件。從氣候因素來看，東北季風低層吹東北風，約在 2000 公尺高度附近轉成西風，這個高度也是逆溫層的高度，在逆溫層以上空氣乾燥、高空無雲，使得陽光沒有受到阻擋。出現長延時彩虹是一連串完美的組合，以此個案來說明出現彩虹的大氣環境。2017 年 11 月 30 日早上 8 點的地面天氣圖及風場顯示臺灣北部地區吹東北風，衛星紅外線雲圖顯示沒有明顯的高雲，而 9 點 30 分時的可見光雲圖顯示臺灣周圍有很多雲，利用紅外線雲圖輔助得知這些都是低層雲，東北季風帶來的雲覆蓋在文化大學的東北-東-東南側，而西南側因空氣沉降沒有雲，文化大學正好位於有雲與無雲的交接處。藉由 2017 年 11 月 30 日早上 8 點板橋測站探空圖分析顯示，從地面到 810 百帕吹的是東北東的風，風速約在 25 海浬/小時左右，溫度、露點線顯示在 810 百帕有一個明顯的逆溫層，風向轉成西風，逆溫層相當穩定，且在其上方相當乾燥，為無雲的情況；而在 810 百帕以下，大氣相當潮溼；925~810 百帕之間，大氣幾乎達到飽和；而 925 百帕以下雖未達飽和，但水氣量也是相當豐富，隨著東北風以及地形抬升，在陽明山的東側幾乎都是下雨的狀況，不過西南側則是無雲，太陽光線剛好可以照進來，構成出現彩虹的條件。亦即，雲的頂部高度在 2000 公尺左右，雲底部的高度約在 600 公尺，所以雲的厚度約有 1400 公尺，雲層很厚。文化大學的高度在 400 公尺左右，在雲層下方約 200 公尺，所以可以看到源源不斷的水滴從雲底落下來，且在文大的南側又有源源不斷的陽光照進來，而這樣的環境持續近一整天，無怪乎能如此長時間看到彩虹！

4. 人合：

這道彩虹的出現，於校園的各個角落均可以拍到美美的照片，此次動員全系教師、助理及全校學生無間斷的持續拍攝，終於串成此彩虹傳奇，連續出現時間長達 8 小時 58 分(06:57~15:55)，總共收集到超過 1 萬張的照片，隨後開始著手申請金氏世界紀錄，經過嚴格的照片審核、天氣條件的分析以及官方對氣象資料的確認與審核，於 2018 年 3 月 17 日得到金氏世界紀錄的授證。

〈美到令人窒息的彩虹〉

彩虹最常見的是主虹(primary rainbow)及霓(secondary rainbow)，偶而會出現複虹(supernumerary rainbow)。在文大地區出現彩虹的頻率很高，尤其以冬、春季更容易出現長延時的彩虹，而彩虹會隨時間、角度及方位移動，最佳紀錄方式是使用魚眼攝影機錄影，或使用高解析度的數位相機拍照，紀錄彩虹的清晰度、主虹、霓及複虹等景象。彩虹的清晰度與水滴大小有關，中央氣象局在陽明山有竹子湖及鞍部兩處人工氣象站，均有架設雨滴譜儀，且在文化大學觀測站也有架設 1 部雨滴譜儀，先前文獻分析東北季風的天氣系統所測量到的雨滴粒徑，大小集中在 0.5~1 毫米左右，往後將特別分析有彩虹時或出現複虹時的雨滴大小，進一步為了解垂直風場及水氣分布，擬施放探空氣球量測大氣垂直狀況。

文大大氣系彩虹觀測計劃

去年(2018 年)在學校的研究經費協助下，已經於 11 月添購攝影相關設備。除了採購比較好的單眼相機及手持攝影外，也特別裝設四台定點式攝影機來拍攝學校北側的天空，如此一來可以完整觀測彩虹出現的畫面。此監控設備也能拍攝陽明山紗帽山附近的大氣光相與雲相，可以作為自然科學相關科普影像畫面所使用。除了持續彩虹觀測外，學術上是否能發現更具科學意涵的研究發現也是目前系上同仁在思考的問題。另外，系上也開始進行陽明山彩虹天氣的條件診斷與分析，並著手評估後續彩虹預報上的可能性。希望在更多心力的投入下，這臺灣獨有的彩虹觀測可以繼續被世人所看見。

文大彩虹 2016/11/01



圖 1 座落於陽明山的文化大學，時常可於秋冬季節看到壯麗的彩虹。此張照片拍攝時間為 2016 年 11 月 1 日，圖中清楚呈現主虹、副虹、複虹及亞力山大暗帶等經典的大氣光學現象。

虹霓浪雲@紗帽山 2017/11/08



圖 2 東北季風吹拂下的陽明山山頭，除了虹霓，浪雲也是伴隨出現的大氣雲相。此張照片拍攝時間為 2017 年 11 月 8 日，圖中清楚描繪出大氣光相與雲相交織而成的優美意境。



圖 3 2017 年 11 月 27 日將當天拍攝到所有照片根據時鐘方位編排出的彩虹時鐘圖；此圖可簡單分析出觀察到的彩虹時間高過 6 小時，與 1994 年英國韋瑟比所出現的長時間彩虹紀錄持平。

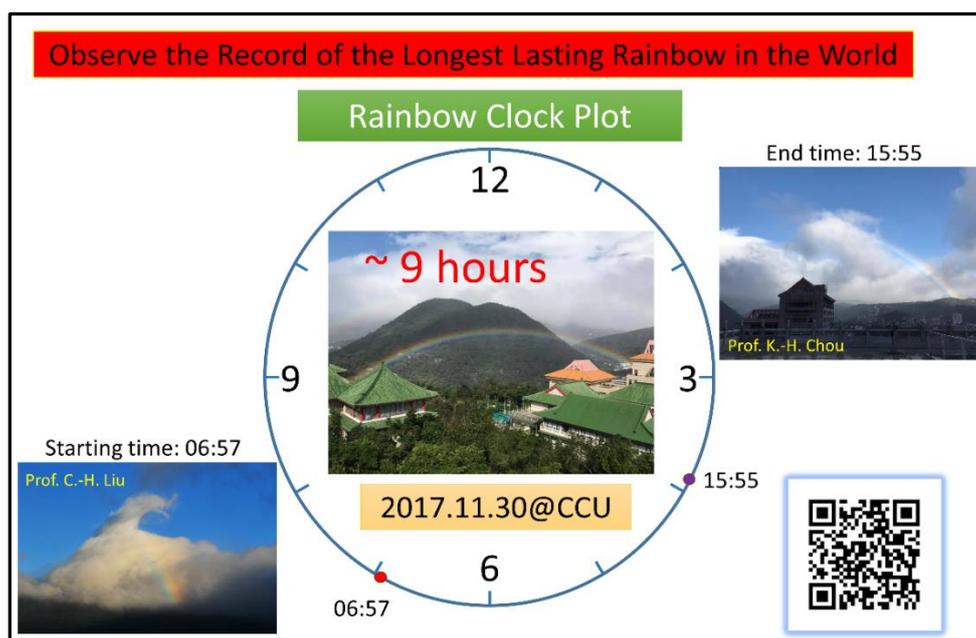


圖 4 2017 年 11 月 30 日所觀測到的彩虹時鐘圖，當日所觀察到的彩虹時間約為 9 小時，已經超過 1994 年英國韋瑟比所出現的長時間彩虹紀錄。圖中 QR-Code 可連結至最終編制約 700 張照片而成的彩虹時鐘動畫。

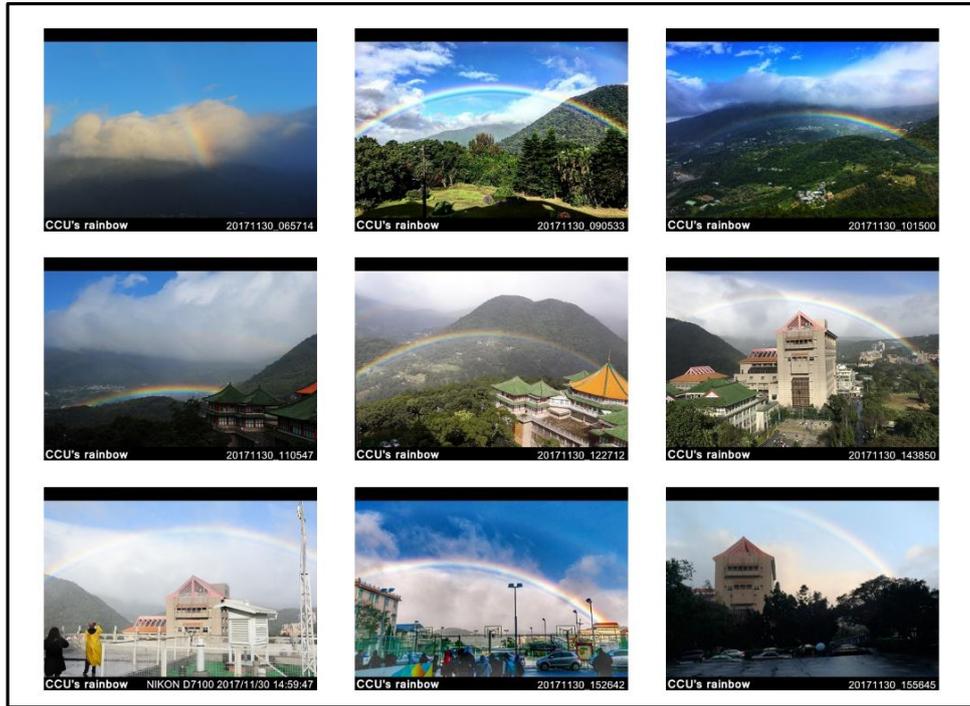


圖 5 2017 年 11 月 30 日文化大學校園內從早上至下午所拍攝到的彩虹照片，照片來源為文大師生所提供。



圖 6 2017 年 11 月 30 日台北市所拍攝到的彩虹照片，照片來源為台北市熱心民眾透過電子郵件提供照片原始檔案作為紀錄申請使用。



圖 7 2018 年 3 月 17 日最長延時彩虹金氏紀錄授證典禮舉會貴賓合影。當日同時為文化大學理學院所舉辦的地科論壇，包含多位日本及中國大陸的學者共同見證這授證典禮。感謝氣象應用推廣基金會以及東瀚建設開發公司在最關鍵時刻的贊助，使得認證得以順利完成。

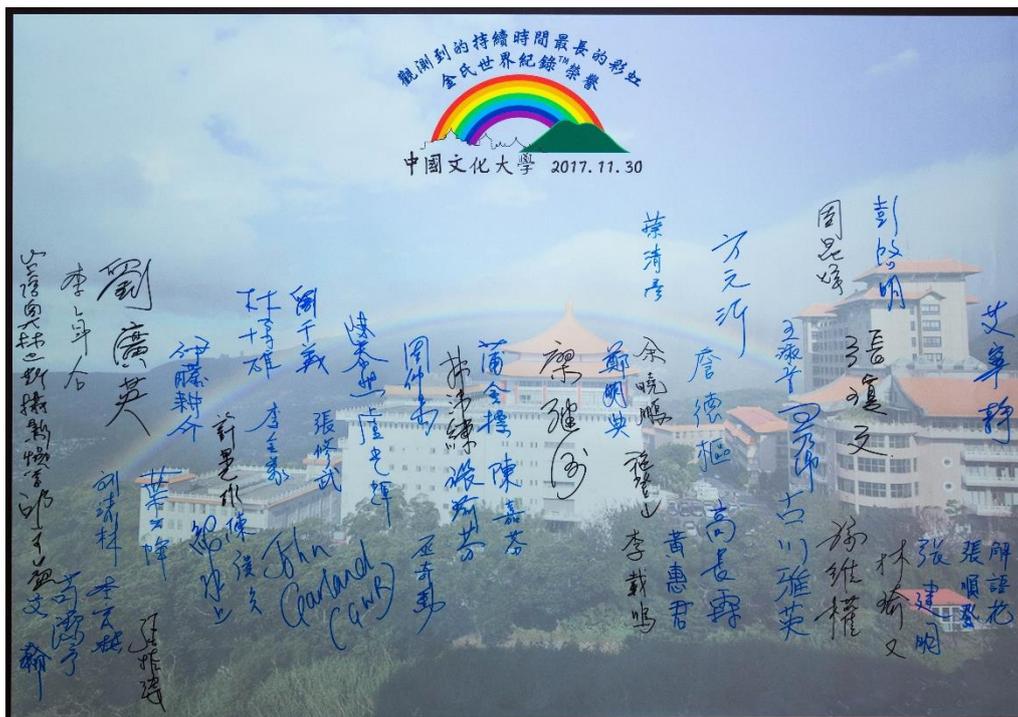


圖 8 授證典禮與會貴賓簽到本。古川雅英、伊藤耕介為日本琉球大學教授；王乃昂、李卓倫為中國蘭州大學教授。



圖 9 2018 年 3 月 17 日授證記者會會後合影。John Garland 為臺灣地區專屬的金氏紀錄認證官，他表示在他擔任 5 年認證官、認證過 70 多個紀錄中，長時間彩虹觀測是他見證最特別的自然景觀世界紀錄。

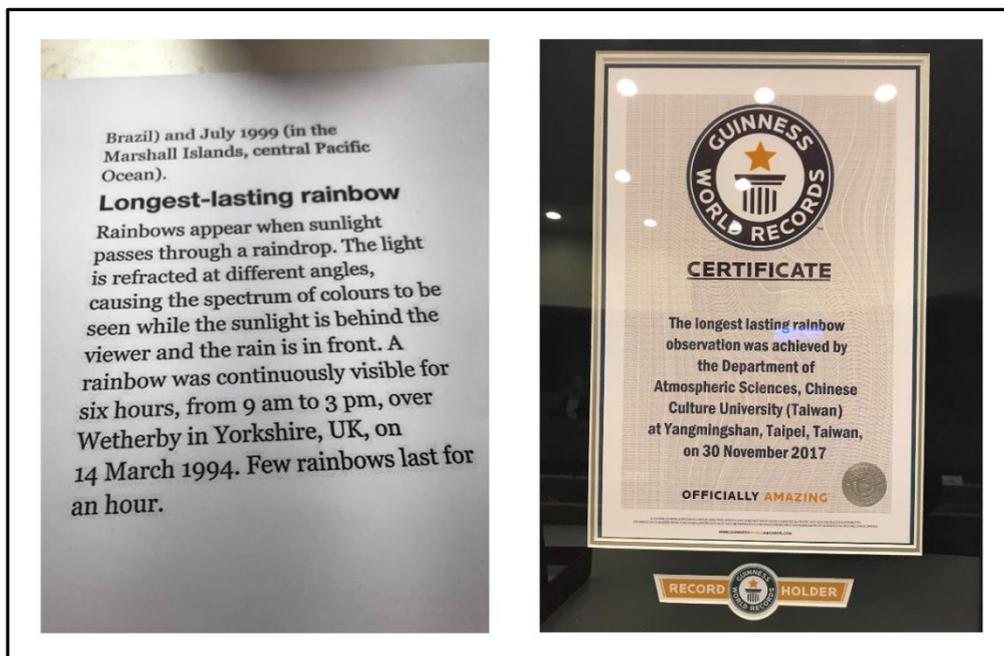


圖10 左圖為記載於金氏世界紀錄書中的長時間彩虹文字，在1994年3月14日英國的約瑟比，彩虹從早上9點至下午3點持續可見6小時；少數彩虹可持續一個小時。右圖為授證當天的證書，清楚記錄了最長時間彩虹觀測為位於臺灣陽明山的中國文化大學所達成。

Geographic location of Chinese Culture University in Taiwan



圖11 中國文化大學地理位置圖。文化大學為位於陽明山國家公園西南側的華岡山頭海拔410公尺，西北側有海拔超過1000公尺的大屯山及七星山。

Angles of sun and rainbow for CCU observers

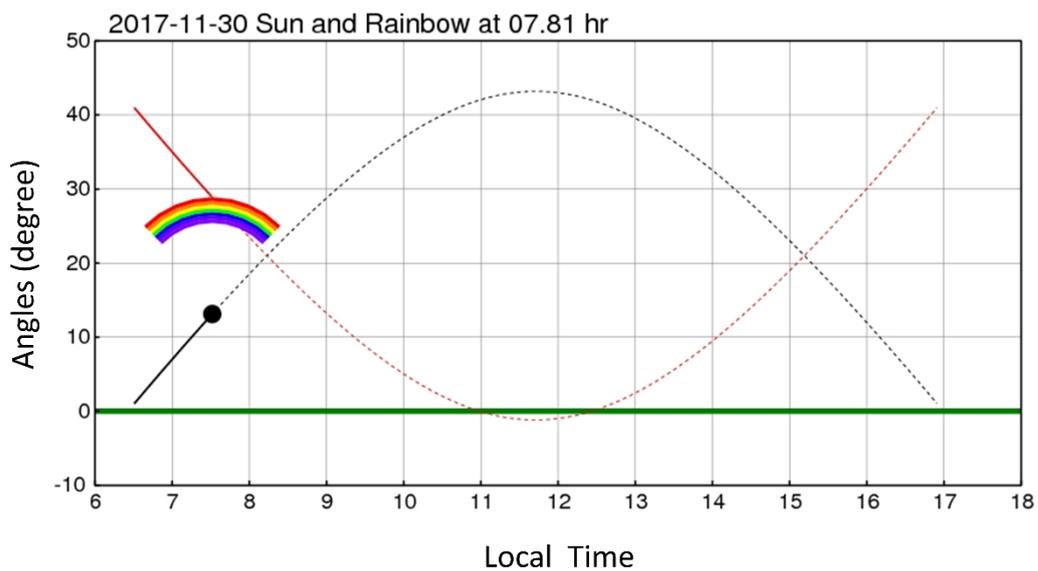


圖12 2017年11月30日文化大學太陽仰角（黑色）與同一時間彩虹仰角（紅色）的關係。

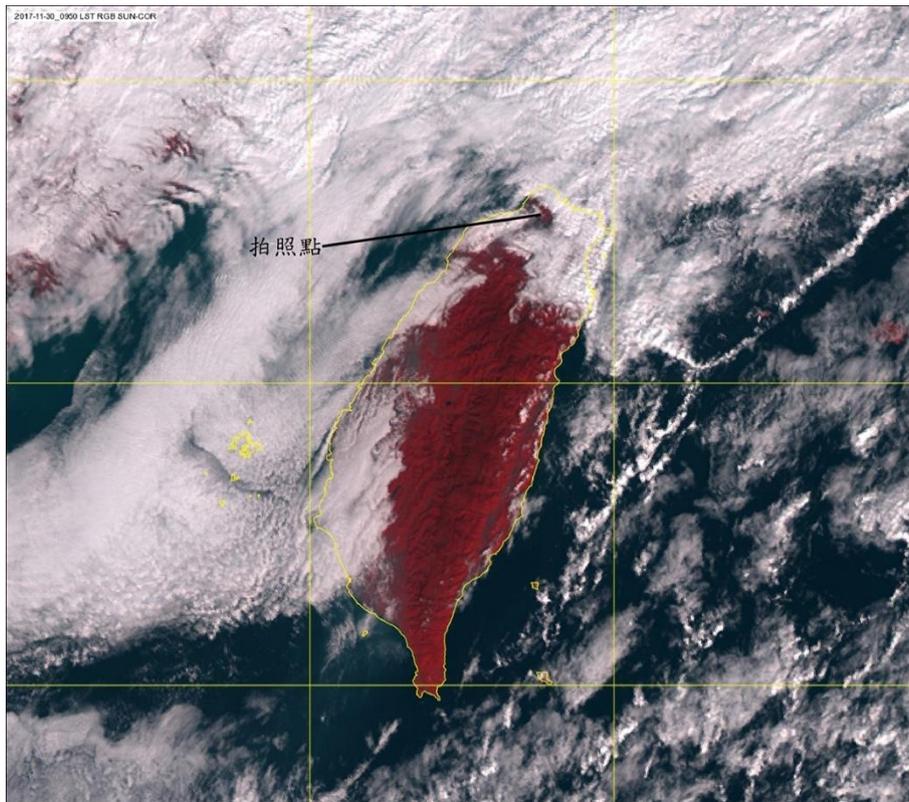


圖13 2017年11月30日早上9點30分時的可見光衛星雲圖，箭頭處為文化大學位置。

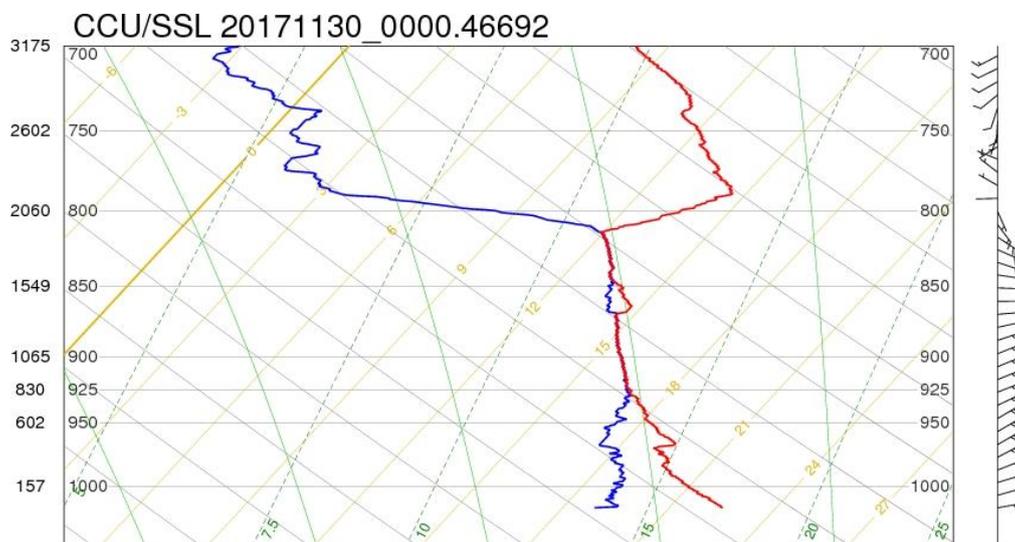


圖14 2017年11月30日早上8點的板橋探空，紅色線為溫度、藍色線為露點、最右側為探空風場。



圖15 文大大氣系彩虹觀測計畫所添購之錄影監視設備平面位置圖，可以全程錄影秋冬季節彩虹早上在西北側天空至下午在東北側天空的畫面。

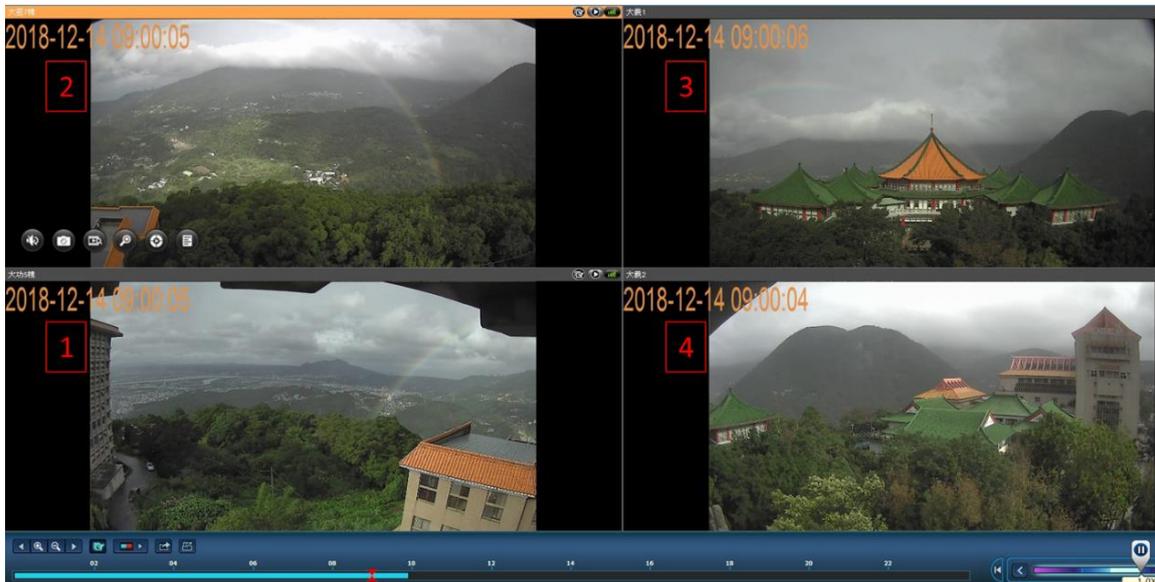


圖16 監視器於2018年12月14日上午所拍攝到的彩虹畫面。