

國立臺灣大學理學院大氣科學研究所

碩士論文

Graduate Institute of Atmospheric Science

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis



台北都會區午後雷陣雨週間變化

Weekly Variations of Summertime Thunderstorms in the
Urban Area of Taipei

王世傑

Shih-Chieh Wang

指導教授：游政谷 博士

Advisor: Cheng-Ku Yu, Ph.D.

中華民國 107 年 1 月

January 2018

口試委員會審定書



國立臺灣大學碩士學位論文 口試委員會審定書

本論文係 王世傑 君（學號 R04229031）在國立臺灣大學大氣科學學系、所完成之碩士學位論文，於民國 107 年 1 月 3 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

游政豪 (簽名)
(指導教授)

<u> </u>	<u>談珮華</u>
<u>陳正平</u>	<u>林傳志</u>
<u> </u>	<u> </u>

系主任、所長 楊明仁 代 (簽名)

致謝



首先要感謝游老師這兩年來的指導，別人說一個學生之所以可以有成就，其背後推手指導老師絕對是不可或缺的，指導老師如果分成兩種，一種是「很照顧學生」類型；另一種是「嚴師出高徒」類型，那游老師大概是前者佔 3 分，後者佔 7 分。要不是每週 meeting 報告的時候被游老師不停「狂釘」，不斷催促每週都要有一定的研究份量，我也不會在兩年內有現在的成果！碩一下學期時幾乎沒有任何修課壓力的情況下，能獨自好好培養研究能力，然後碩一下學期選修游老師的中尺度氣象學時，游老師教學鞭辟入裡，深入淺出，幫我奠定了在 MOPL 應該要有的基本知識，也順利拿到 A+ 的好成績！我算是游老師來到台大任職以來第一位台灣學籍的碩士班學生，也是游老師任教大學以來第一個指導的「外系生」，我當年畢業於台師大「地球科學系」，因為地科系涵蓋的課程甚廣，導致我不太具備一個純種「大氣系」大學部畢業生該有的技能，當年沒有修過任何程式語言課程，但萬萬沒有想到，研究所最需要的就是撰寫程式分析資料的功夫，直到現在我不敢說我很懂「研究」為何物？但我可以確定如果不具有「研究工具」，那根本遑論要做研究了！碩一上學期時因為修課太多，幾乎沒有任何研究進度，但游老師並沒有放棄我，我也沒有放棄唸研究所，感謝游老師當時對我的任性與不成熟有所容忍。我也不放棄週間變化這個議題，一路走下來，可以說是荊棘密布，這條路不好走，但不論怎麼樣，我還是選擇繼續走下去而不是放棄該研究，感謝游老師這段時間以來對我的執著有所包容。

第二個要感謝的人們則是我的口試委員們，談珮華老師、林傳堯老師、陳正平老師三位老師們，感謝談老師細心幫我找出我論文文獻寫法的小錯誤；感謝林老師推薦給我諸多關於「都市熱島效應」相關的論文，感謝陳老師給予我很特別的思維，虛想另一個名為「一週 5 天或者一週 8 天」的循環，如果用這樣的循環來做週間分析，看不見明顯變化訊號，那才更有說服力可以說明我的 7 天週期的變化是真的存在的！

第三個要感謝的人，無非就是 MOPL 的「大學長」鄭凌文(路人)博士！2016 年的暑假，正是我研究開始起步的時刻，當時一路替我解答的人無非就是路人，路人提供我許多現成的副程式，與客觀分析的主程式與雷達程式懶人包等等，儘管我的

研究大多程式都還是我自己寫的，我也把路人的程式大幅更改成我習慣的格式，儘管現在我已經不太需要路人的協助，也可以自行撰寫好程式，但不可否認在當年剛起步的時候，沒有路人的範例程式，我也不可能有機會鍛鍊程式寫作的技巧！也感謝路人聽我吐露苦(廢)水(話)，我知道你現在也有論文壓力，所以已經不能提供我吐露苦(廢)水(話)的服務，也封鎖我 line 私訊，但我還是要真心祝福你也能夠在明年二月前把論文寫出來！希望我們兩個同樣都可以撐過人生這個階段的考驗！

第四個要感謝的人，則是已經離職的謝佩蓉(西瓜)學姊！2016 年的冬天，在我研究低潮的時候，幫我確認了不少問題，也聽我吐露苦水(絕對不是廢話)，讓我當時可以好好想清楚乖乖聽游老師的話，絕對是對我有正面幫助的，我不應該抵觸老師，游老師能成為我的指導教授，就是因為他懂得比我還要多，當我不能百分百確認自己是對的時候，我必須「放下執著」，先選擇乖乖聽老師的話。如今我能放下過去那份剛愎自用，也讓我的研究能快速有進展！儘管西瓜目前已經不在 MOPL 了，但在路人封鎖我 line 私訊之後，感謝西瓜成為我另一個吐露苦(廢)水(話)的管道！謝謝西瓜！

第五個要感謝的人，是玉來學弟，你是全 MOPL 第一個「主動」找我攀談的學弟，同樣是高雄人，有一些話題可以聊！也祝福你未來能順利考上研究所，但是你目前還有許多選擇的道路，或許不要這麼早就限制住自己未來的方向何嘗不也是一件好事呢？不過如果你已經下定決心的話，那就繼續埋頭做下去吧！也很抱歉我與你的研究落差甚大，一些雷達資料摺錯的技巧無法 carry 你 QQ

第六個要感謝的人則是宇睿學弟，我跟你是在 MOPL 唯二的師大地科系人，你的一些經驗跟痛苦我也感同身受，師大過來的人，大概會至少有半年的「陣痛期」，希望你下學期之後可以逐漸適應研究所的工作，你選擇的研究絕對比我更有潛力，希望你未來的研究有機會可以往 SCI 期刊邁進！如果未來還有師大地科系的學弟妹們進來 MOPL，希望你也有能力 carry 學弟妹們！

第七個要感謝的人是隔壁實驗室的炯恩學長，感謝學長偶爾對於我的研究表示關心與鼓勵，同樣是做台北午後對流研究的，也算是另類緣分！

第八個要感謝的人是神奇寶貝(昀烜)，你跟我是 MOPL 唯二在做午後熱對流研究的人，你的痛苦我都知道！但問題也不完全出在你啦！不用太灰心！希望你

離開 MOPL 之後還是能對於自己的想法抱有自信！

至於其他 MOPL 沒有被我點名到的人，有些幫忙可能是「無形」之中的，只可感受，不可言喻！感謝哲佑(YO)學長偶爾給予我一些不錯的研究建議，與浮標資料的列表；感謝陳滢(in)學姊替 group 處理各種行政雜事，發各種公文；感謝嘉明、章碩(阿碩)、昀烜(神奇)當時一起爬磺嘴山維修雨量筒留下不錯的回憶(應該是吧！^ ^)，感謝家誠(阿誠)幫我買拉亞奶茶與 Coco 奶茶，訂各種便當(但我好像沒訂過)，我與你們私下互動很少，但這些都還是「無形」的幫助！

祝福 MOPL 的學弟妹們，能有璀璨的未來，也很抱歉我這個學長的研究議題與你們相差太遠，不能實際給予你們幫助，可能唯一能做的就是幫你們去氣象局下載雷達資料！希望這些雷達資料，都可以成為 MOPL 下一篇 SCI 論文的基底，祝福 MOPL 未來在雙都卜勒分析與法國 Dr. Bousquet 多都卜勒分析上可以精益求精！努力拓展人們對於颱風雨帶與地形降水機制這塊領域更多的知識！

關於週間研究，因為 MOPL 上一個 follow 該題目的顏亦堅學長早已於 2010 年畢業後就離開 group，這段長達六年的時間 MOPL 並沒有任何人接手此研究，再加上我做出來的結果與顏學長略有出入，研究碰到巨大的考驗，group 沒有學長姊可以與我直接討論，這條路顯得孤單，但成功者往往要忍受孤單，而我也不後悔走下這條路，人生是場馬拉松，凡走過必留下痕跡，沒有甚麼事情是做白工，現在我熬過來了，這些經驗將成為我人生不可或缺的養分，同時也成為我人生值得回憶但卻不會想再回去的一段時光.....

最後，本人為了對此論文負責，將留下 email 若有問題讓後人可以聯繫，
。希望該論文可以對未來投入週間變化研究的後輩一些參考幫助！

王世傑於台大大氣系 C205 室 2018/1/30



摘要

本研究利用氣象局與環保署地面觀測站氣象參數資料，針對台北盆地 1999~2015 年 6~8 月弱綜觀環境下之午後熱對流進行週間變化分析。結果顯示盆地內雨量站平均降雨強度的最大值發生在週三，次大值則發生在週五，而最小值則出現在週一或週六，而整體而言是週間的平均降雨強度大於週末的平均降雨強度，而雷達觀測分析也顯示出一致性的結果。

為了瞭解台北盆地降雨週間變化的可能原因，本研究也針對懸浮微粒與熱動力參數進行週間分析。結果顯示 PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 具有明顯的週間變化，其平均粒子濃度最大值發生在週四或週三，最小值在週日，而週三具有最小的靜力穩定度與最大的對流不穩定度。然而，溫度、相對濕度、混合比、海風強度與垂直風切之週間變化不明顯。從這些分析結果隱含著懸浮微粒可能對於降雨週間變化較有貢獻。

另外，當不考量弱綜觀環境的天數進行雨量週間分析，發現到平均降雨強度就不存在週間變化，此一點確定了在弱綜觀環境下的午後熱對流才具有降雨週間變化。

關鍵詞：週間變化、都會區、台北盆地、降雨強度、懸浮微粒、細懸浮微粒、五分山雷達、午後熱對流、弱綜觀環境。

Abstract

The study utilizes Central Weather Bureau (CWB) surface observations and Environmental Protection Administration (EPA) observations hourly meteorological parameters to analyze weekly variations of precipitation associated with thunderstorms in the Taipei urban area between Jun. and Aug. of 1999-2015 during the weak synoptic forcing. The result indicates that the maximum of rainfall intensity is on Wednesday and secondary maximum of rainfall intensity is on Friday whereas the minimum of rainfall intensity is on Monday or Saturday. On the whole, the rainfall intensity is stronger on weekday than weekend. Moreover, the rainfall intensity derived from radar measurements also indicates consistent results.

To understand the causes of the weekly variations of precipitation associated with thunderstorms in the Taipei urban area, the study analyzes aerosols and thermodynamic and dynamic meteorological parameters. The weekly variations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ also exist. However, the largest concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ are found on Thursday or Wednesday and the smallest concentrations are found on Sunday. The lowest static stability is found on Wednesday, but the highest convective instability is found on Wednesday. Nevertheless, the weekly variations of temperature, relative humidity, mixing ratio, sea breeze, vertical wind shear are not significant. Therefore, the result implies that aerosols have stronger impact on the weekly variation of rainfall than other meteorological parameters.

Finally, the weekly variations disappear if analysis is performed for all days between Jun. and Aug. of 1999-2015. This result indicates that the weekly variation of precipitation associated with thunderstorms exists only during the weak synoptic forcing.

Keyword: weekly variation, urban area, Taipei basin, rainfall intensity, PM_{10} , $PM_{2.5}$, RCWF, thunderstorm, weak synoptic forcing.

目錄



口試委員會審定書.....	I
致謝.....	II
摘要.....	V
Abstract.....	VI
目錄.....	VII
圖表目錄.....	XI
第一章 前言.....	1
(一) 文獻回顧.....	1
1. 非降雨氣象參數之週間變化.....	2
2. 降雨或者與降水相關氣象參數之週間變化.....	2
3. 降水之週間變化.....	4
(二) 研究動機.....	6
(三) 研究目的.....	7
第二章 資料與分析時間與方法.....	9
(一) 資料.....	9
1. 資料來源.....	9
2. 五分山都卜勒雷達之特性與處理.....	9
3. 中鼎公司(CTCI)土地利用型態資料介紹.....	10
4. 閃電資料之特性與介紹.....	11
(1) 觀測儀器說明.....	11
(2) 閃電類型介紹.....	11
5. 數值地形資料介紹與處理.....	12
(1) 數值地形資料介紹.....	12

(2)數值地形資料的處理.....	12
(二) 研究天數之選取定義與原因.....	13
1.選取方法.....	13
2.選取原因.....	13
(三) 分析方法.....	14
1.分析時間.....	14
2.分析空間.....	14
3.Z 檢定.....	14
4.t 檢定.....	15
第三章 台北都會區綜觀環境特徵.....	16
(一) 探空分析.....	16
(二) 平均降雨強度在空間上分布.....	16
第四章 個別測站資料週間分析.....	18
(一) 午後熱對流週間分析.....	18
1.降雨強度.....	18
2.雷達回波.....	19
3.雷達回波透過 Z-R 關係式所得降雨強度.....	20
4.閃電.....	20
(二) 懸浮粒子.....	21
1.懸浮微粒(PM ₁₀)、細懸浮微粒(PM _{2.5}).....	22
(1)排除掉降水對於 PM ₁₀ 與 PM _{2.5} 濃度的影響.....	23
(2)懸浮微粒濃度與降雨量的合成分析.....	24
(三) 熱力因子.....	25
1.CAPE、CIN.....	25
2.靜力穩定度、對流不穩定度.....	26

3.溫度、相對濕度、混合比、水氣壓.....	27
(四) 動力因子.....	28
1.垂直風切.....	28
2.海風.....	28
(1)淡水河口海風、基隆河口海風.....	29
(2)海溫對於海風分量大小影響.....	29
第五章 週間分析的統計檢定.....	30
(一) 週間與週末差異值統計檢定.....	30
(二) 其他天數差異值統計檢定.....	31
第六章 雨量與其他參數空間上的相關性.....	33
(一)散佈圖迴歸分析.....	33
1.建築物百分比.....	33
2.懸浮粒子參數.....	33
3.熱力參數.....	33
(二)相關係數週間分析.....	34
第七章 結論與未來展望.....	36
(一) 結論.....	36
(二) 未來展望.....	38
參考文獻.....	40
表目錄	
表 1 1999~2015 年夏季弱綜觀環境所有天數(總共 773 天).....	44
表 2 1999~2015 年夏季弱綜觀環境所有天數週日到週六個別天數列 表.....	50
表 3 1999~2015 年夏季不分強弱綜觀環境所有天數週日到週六個別天 數列表.....	50

表 4 台北市與新北市地區所有氣象局測站列表整理.....	51
表 5 台北市與新北市地區所有環保署測站列表整理.....	55
表 6 CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定度、垂直風切與海風分 量統計檢定結果.....	57
圖目錄	
第二章圖片.....	58
第三章圖片.....	63
第四章圖片.....	72
第五章圖片.....	119
第六章圖片.....	127

圖表目錄



- 表 1 1999~2015 年夏季弱綜觀環境所有天數。
- 表 2 1999~2015 年夏季弱綜觀環境所有天數週日到週六個別天數列表。
- 表 3 1999~2015 年夏季不分強弱綜觀環境所有天數週日到週六個別天數列表
- 表 4 台北市與新北市地區所有氣象局測站列表整理。
- 表 5 台北市與新北市地區所有環保署測站列表整理。
- 表 6 CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定度、垂直風切與海風分量統計檢定結果。
- 圖 2.1 本研究使用的所有氣象局測站與環保署測站分布圖，圖中色階表示地形高度(單位為公尺)，其間距如圖上所示。測站屬性標註於右上角。實心方形代表氣象局局屬站；實心圓形代表氣象局自動測站；實心三角形代表五分山氣象雷達站(RCWF)；實心星形代表板橋探空站；空心圓形代表環保署測站。圖中左邊黑色實線三角形為台北都會區。
- 圖 2.2 行政院環保署測站分布，A1:萬華、A2:古亭、A3:中山、A4:士林、A5:松山、A6:大同、A7:陽明、F1:新莊、F2:板橋、F3:土城、F4:菜寮、F5:淡水、F6:新店、F7:林口、F8:汐止、F9:永和、F10:三重、F11:萬里。圖中左邊黑色實線三角形為台北都會區。
- 圖 2.3 台電整合型落雷偵測系統方向檢測器分布位置，共計有八台偵測器，由北到南分別是(A)林口微波站、(B)鶯子嶺微波站、(C)吉山微波站、(D)台電花東通信區、(E)明潭電廠進水口閘門、(F)烏山頭微波站、(G)台東成功務所、(H)獅子山微波站。其中離台北盆地最接近的偵測器是林口微波站、鶯子嶺微波站，分別位在台北盆地西邊與東邊。
- 圖 2.4 台北盆地建築物百分比圖，色階表示建築物百分比，其間距如圖上所示(單位為%)。網線是地形高度，其網線疏密表示不同的高度值(單位為公尺)，如圖右所示。黑色圓點是氣象局地面測站分布，黑色實線三角形表示本研究所定義的台北都會區範圍。
- 圖 2.5 台北地區行政區劃分圖。色階代表建築物百分比，其間距如圖上所示(單位為%)。網線是地形高度，其網線疏密表示不同的高度值(單位為公尺)，

如圖右所示。黑色圓點是氣象局地面測站分布，黑色直線三角形表示本研究定義的台北都會區範圍。

圖 3.1 1999~2015 夏季(6~8 月)所有弱綜觀環境天數下，板橋探空 00UTC 之平均斜溫圖，藍線為探空環境溫度曲線；紅線為探空環境露點曲線；黑線為探空氣塊溫度曲線，該曲線是由地面溫度與露點溫度決定。藍色網線部分為 CAPE 之區域；黑色網線部分為 CIN 之區域。右側風標為水平風隨高度之變化(half bar= 2.5 m s^{-1} ，full bar= 5 m s^{-1})。

圖 3.2 1999~2015 年所有夏季(6~8 月)弱綜觀環境天數午後六小時(12:00~18:00)台北盆地平均逐時降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站個別的平均降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均降雨強度(單位為 mm h^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。

圖 3.3 1999~2015 年所有夏季(6~8 月)弱綜觀環境天數午後六小時(12:00~18:00)台北盆地平均逐日降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站的平均每日降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均每日降雨強度(單位為 mm day^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。

圖 3.4 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，台北盆地午後六小時(12:00~18:00)平均逐時降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站個別的平均逐時降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均逐時降雨強度(單位為 mm h^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。黑色實線三角形是本研究定義的台北都會區範圍。(a-g)分別表示週日、週一、週二、週三、週四、週

五、週六。

圖 3.5 1999~2015 年所有夏季(6~8 月)弱綜觀環境天數午後六小時(12:00~18:00)台北盆地日平均降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站的平均每日降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均逐日降雨強度(單位為 mm day^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。(a-g)分別表示週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六。

圖 3.6 承圖 3.4 週日到週六所有個別七天的水平分布網格資料，把本研究所定義的台北都會區三角形範圍內所有網格點取空間上的平均，所繪製而成的平均逐時降雨強度週間圖(單位為 mm h^{-1})。每一天的平均值標註於圓點上，藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。

圖 3.7 承圖 3.5 週日到週六所有個別七天的水平分布網格資料，把本研究所定義的台北都會區三角形範圍內所有網格點取空間上的平均，所繪製而成的平均逐日降雨強度週間圖(單位為 mm day^{-1})。每一天的平均值標註於圓點上，藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。

圖 4.1 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，台北局屬站個別測站午後(12:00~18:00)平均降雨強度週間圖(門檻為大於等於 0 mm h^{-1} ，y 軸單位為 mm h^{-1})。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。圖下則標示週日到週六個別每一天統計總小時數(也就是週日到週六弱綜觀天數乘上 6 倍，因為一天共有六小時)與實際降雨量大於等於 0 mm h^{-1} 的小時數。

圖 4.2 1999~2015 年台北局屬站個別測站午後(12:00~18:00)時雨量大於 20 (mm h^{-1})的天數頻率週間圖(y 軸單位為次數)。圓點上標示為其天數值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。

圖 4.3 1999~2015 年台北都會區降雨具有明顯週間變化趨勢個別測站午後(12:00~18:00)平均降雨強度週間圖(門檻為大於等於 0 mm h^{-1} ，y 軸單位為 mm h^{-1})。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天

之中最小值用藍色表示。圖下則標示週日到週六個別每一天統計總小時數(也就是週日到週六弱綜觀天數乘上 6 倍，因為一天共有六小時)與實際降雨量大於等於 0 mm h^{-1} 的小時數。(a-k)分別為大直、石碑、天母、永和、士林、內湖、三重、山佳、社子、蘆洲、新莊測站。

圖 4.4 台北地區所有氣象局測站分布。如果 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下天數納入統計之下，其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

圖 4.5 1999~2015 年夏季弱綜觀環境下，在台北都會區內平均午後(12:00~18:00)降雨具有明顯週間趨勢的 12 個測站特徵平均所得平均降雨強度週間圖。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。

圖 4.6 1999~2015 年夏季(6~8 月)不分強弱綜觀環境下所有天數，台北局屬站個別測站午後(12:00~18:00)平均降雨強度週間圖(y 軸單位為 mm h^{-1})。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。圖下則標示週日到週六個別每一天統計總小時數(也就是週日到週六不分強弱綜觀所有天數乘上 6 倍，因為一天共有六小時)與實際降雨量大於 0 mm h^{-1} 的小時數。

圖 4.7 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)所有五分山雷達資料(第二層仰角 1.5 度)平均雷達回波值分布圖(網格解析度為 1km)，門檻值為大於等於 0 dBZ 。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 4.8 承圖 4.7 各圖取本研究所定義的三角形都會區範圍所有網格點取空間上平均所得平均雷達回波週間圖，圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示，水平直線則為週日到週六所有天數的平均值。

圖 4.9 五分山雷達波束距離地表高度等值線圖，藍色星形為五分山雷達的位置，

同心圓為五分山雷達波束傳遞到該水平距離時距離地面高度等高度線，其高度值標示在圖片左下方(單位:m)，括號內的數值為其水平距離(單位:km)，同心圓之中綠色的部分表示該位置雷達波束高度比該地地形還要高，雷達不會出現地形阻擋；紅色的部分則是該位置雷達波束高度比該地地形還要低，雷達將會被地形阻擋，而出現地形雜波。(a)-(d)分別為第一層仰角(1.5 度)的雷達波束正中心、(b)為第一層仰角的雷達波束下邊界、(c)為第二層仰角(1.5 度)的雷達波束正中心、(d)為第二層仰角的雷達波束下邊界為參考計算。其中因雷達波束角解析度為 1 度，故下邊界即是該仰角值再減去 0.5 度所得之仰角值。

圖 4.10 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)所有五分山雷達資料(第二層仰角 1.5 度)累積雷達回波頻率值分布圖(網格解析度為 1km)，門檻值為大於等於 0 dBZ。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 4.11 對流性降水 Z-R 關係式如藍色虛線所示，其中 Z 為雷達回波因子(radar reflectivity factor)，單位為 $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$ ，R 為降雨強度，單位為 mm h^{-1} 。而 $\text{dBZ} = 10 * \log_{10} Z$ 。其中紅色圓點上面所標示為每一個 dBZ 值所對應到其降雨強度 R 值大小。

圖 4.12 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)所有五分山雷達資料(第二層仰角 1.5 度)先透過 Z-R 關係式回推降雨強度後再取平均值之分布圖(網格解析度為 1km)，門檻值為大於 0 mm h^{-1} 。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 4.13 承圖 4.12 各圖，取本研究所定義的三角形都會區範圍所有網格點取空間上平均所得到雷達回波透過 Z-R 關係式所得平均降雨強度週間圖，圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用

藍色表示，水平直線則為週日到週六所有天數的平均值。

圖 4.14 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)閃電(包含 IC 與 CG 閃電)累積頻率分布圖，其頻率間距如圖上所示。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。都會區內的黑色虛線為台北市與新北市界線。(a-g)分別表示週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六。

圖 4.15 承圖 4.14 各圖，取本研究所定義的三角形都會區範圍所有網格點累積頻率週間圖(包含 CG 與 IC 閃電)，圓點上標示為其累積頻率值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。

圖 4.16 承圖 4.15 的同樣分析方法，圓點上標示為其累積頻率值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。(a)為 IC 閃電累積頻率；(b)為 CG 閃電累積頻率。

圖 4.17 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)環保署個別測站午前(11:00~12:00)平均 PM_{10} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu g m^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

圖 4.18 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 PM_{10} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu g m^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

圖 4.19 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)環保署個別測站午前(11:00~12:00)平均 $PM_{2.5}$ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu g m^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以

外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

圖 4.20 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

圖 4.21 承圖 4.17，但條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，所得平均 PM_{10} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

圖 4.22 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)且條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 PM_{10} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

圖 4.23 承圖 4.19，但條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，所得平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

圖 4.24 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)且條件增加為排除掉當天

00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，位於本研究定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 PM_{2.5} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

圖 4.25 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下所有天數(773 天)，環保署萬華測站懸浮微粒(PM₁₀)濃度與降雨量的合成(composite)分析，黑色的線為平均 PM₁₀ 濃度，其數值間距為 y 軸左側(單位： $\mu\text{g m}^{-3}$)；藍色的線為平均降雨強度，其數值間距為 y 軸右側(單位： mm h^{-1})。x 軸為時間，以灰色著色起來的部分為在一天當中有連續下雨(a)1 小時；(b)2 小時；(c)3 小時；(d)4 小時的天數其降雨時段的平均；灰色區塊的左邊負值小時代表降雨前幾小時；右邊正值小時代表降雨後幾小時。

圖 4.26 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下所有天數(773 天)，環保署萬華測站懸浮微粒(PM_{2.5})濃度與降雨量的合成(composite)分析，黑色的線為平均 PM_{2.5} 濃度，其數值間距為 y 軸左側(單位： $\mu\text{g m}^{-3}$)；藍色的線為平均降雨強度，其數值間距為 y 軸右側(單位： mm h^{-1})。x 軸為時間，以灰色著色起來的部分為在一天當中有連續下雨(a)1 小時；(b)2 小時；(c)3 小時；(d)4 小時的天數其降雨時段的平均；灰色區塊的左邊負值小時代表降雨前幾小時；右邊正值小時代表降雨後幾小時。

圖 4.27 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，使用板橋探空 00UTC 的探空資料所繪製而成的 CAPE 與 CIN 週間圖。黑色曲線為 CAPE，其數值標示在黑色圓點之上，其間距為左 y 軸；藍色的曲線為 CIN，其數值標示在藍色三角形之上，其間距為右 y 軸。

圖 4.28 把原始板橋 00UTC 的探空資料先線性內插成每一百公尺一筆資料。計算 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，(a)靜力穩定度、(b)對流不穩定度，每一條線最右邊代表該層高度(單位為 m)相對於次低一層的不穩定度，而 100 公尺的線則是相對於地表參考面 10 公尺。藍線為高度是 100 公尺高度的不穩定度曲線，其間距如右 y 軸；黑線為高度 300、



500、1000、2000 公尺高度的不穩定曲線，其間距如左 y 軸。

圖 4.29 把原始板橋 00UTC 的探空資料先線性內插成每一公尺一筆資料。計算 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，平均(a)位溫(b)相當位溫隨高度的垂直變化。

圖 4.30 1999~2015 年夏季弱綜觀環境下，在台北都會區內雨量具有明顯週間趨勢的 12 個測站特徵平均所得平均週間圖。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。(a-d)分別為：溫度、相對溼度、混合比、水氣壓。其單位依序是： $^{\circ}\text{C}$ 、%、 g kg^{-1} 、mb。

圖 4.31 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，使用板橋探空 00UTC 的探空資料，先把風向風速轉換成 u 風場與 v 風場再內插成每一百公尺一筆資料，再計算其該層高度(每一條曲線右邊所標示的數值，單位是公尺)相對於地表的垂直風切週間圖。

圖 4.32 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境，午前一小時(11:00~12:00)海風分量週間平均(單位： m s^{-1})。圓點上標示為其天數值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。(a)為淡水測站風場扣除彭佳嶼測站風場後投影在淡水河口(方位角取 310°)的海風分量；(b)為基隆測站風場扣除彭佳嶼測站風場後投影在基隆河口(方位角取 20°)的海風分量。

圖 4.33 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，(a)淡水潮位站；(b)基隆潮位站 12LST(11:00~12:00)的海表面溫度(SST)週間圖，中間虛線代表所有 773 天弱綜觀天數的平均結果。

圖 5.1 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後六小時(12:00~18:00)氣象局個別測站平均降雨強度星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究定義的台北都會區範圍。

圖 5.2 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)氣象局個別測站平均測站氣溫星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計

檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

圖 5.3 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)氣象局個別測站平均相對濕度(RH)星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

圖 5.4 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)氣象局個別測站平均相對濕度星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

圖 5.5 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)環保署個別測站平均懸浮微粒(PM₁₀)星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

圖 5.6 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)環保署個別測站平均細懸浮微粒(PM_{2.5})星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

圖 5.7 承圖 5.1~5.6 的相同分析時間與方法，但改為星期三與星期日的差異值統計檢定。(a~f)分別為降雨強度、溫度、相對溼度、實際水氣壓、PM₁₀、PM_{2.5}。

圖 5.8 承圖 5.7 的相同分析時間與方法，但改為週二、週三、週四的平均值與週

六與週日平均值的差異值統計檢定。

圖 6.1 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下,氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與建築物百分比網格資料(解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1});縱軸座標是建築物百分比(單位:%)。紅色的點為本研究所定義台北都會區範圍之內的網格點;黑點則是在本研究所定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值,藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.2 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下,氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與 PM_{10} (同樣客觀分析方法,時間為 11:00~12:00,解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1});縱軸座標是 PM_{10} (單位: $\mu\text{g m}^{-3}$)。紅色的點為本研究所定義台北都會區範圍之內的網格點;黑點則是在本研究所定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值,藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.3 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下,氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與 $\text{PM}_{2.5}$ (同樣客觀分析方法,時間為 11:00~12:00,解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1});縱軸座標是 $\text{PM}_{2.5}$ (單位: $\mu\text{g m}^{-3}$)。紅色的點為本研究所定義台北都會區範圍之內的網格點;黑點則是在本研究所定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值,藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.4 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下,氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與測站溫度(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是溫度(單位: $^{\circ}\text{C}$)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.5 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與相對溼度(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是相對濕度(單位:%)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.6 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與水氣壓(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是水氣壓(單位:mb)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.7 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與混合比(同樣客觀分析方法，時間為

11:00~12:00，解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是混合比(單位: g kg^{-1})。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.8 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與露點溫度(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是露點溫度(單位: $^{\circ}\text{C}$)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

圖 6.9 承圖 6.1 的分析過程與時間，把個別每一天的相關係數繪製為週間圖，每一天其相關係數數值標註於其上，最大值使用紅色標示；最小值使用藍色標示。水平實線為週日到週六所有天數所得其相關係數數值。黑色虛線為零值線。圖下標示每一天的相關係數使用 t 檢定(95%信心水準)的結果，V 表示通過檢定；X 表示沒有通過檢定。

圖 6.10 承圖 6.2~圖 6.3 的分析過程與時間，把個別每一天的相關係數繪製為週間圖，每一天其相關係數數值標註於其上，最大值使用紅色標示；最小值使用藍色標示。水平實線為週日到週六所有天數所得其相關係數數值。黑色虛線為零值線。圖下標示每一天的相關係數使用 t 檢定(95%信心水準)的結果，V 表示通過檢定；X 表示沒有通過檢定。(a)為 PM_{10} ；(b)為 $\text{PM}_{2.5}$ 。

圖 6.11 承圖 6.4~圖 6.8 的分析過程與時間，把個別每一天的相關係數繪製為週間圖，每一天其相關係數數值標註於其上，最大值使用紅色標示；最小值使用藍色標示。水平實線為週日到週六所有天數所得其相關係數數值。

黑色虛線為零值線。圖下標示每一天的相關係數使用 t 檢定(95%信心水準)的結果，V 表示通過檢定；X 表示沒有通過檢定。(a-e)分別是溫度、相對溼度、水氣壓、混合比、露點溫度。



第一章 前言

週間變化該研究的最早起源可以追溯至上個世紀 Ashworth(1929)的研究，該研究發現位在英國西北部的一個城市 Rochdale(洛奇代爾)在週日的降雨較小，推測原因是週日的煙熱氣排放相對較小。週間變化，即是研究某種氣象參數隨著週一到週日一週七天內的變化，如果該氣象參數有週期為七天的變化，即可視作該氣象參數具備週間變化趨勢，但如果週期不為七天，而週間(星期一到星期五)與週末(星期六與星期日)有明顯的差異，也可以廣義被稱作具有週間變化。人們週間工作；週末放假，人為活動將以七天為週期循環，對於氣象參數有所影響，這就是人為因素對於控制天氣最好的證明。但是「週」(weekly)這個循環是人類定義出來的，所以理論上大自然裡並不會存在該訊號，當該訊號存在的時候，有很大的可能就是人為活動對於大氣環境的影響。因為週間研究可以當作一種人為活動對於局部或者全球水文循環所產生的影響指標，並且突顯出人為活動所引起的氣候變遷，故顯示出該研究的重要性日益顯著。

臺北盆地是台灣都市化最為明顯的城市，其人口大約占全台四分之一的總人口數（大約 580 萬人(2014 年 7 月)）。而臺北盆地北側為大屯火山群，西鄰林口臺地，南接雪山山脈，東南邊則是松山丘陵，臺北盆地的形狀接近三角形。四面環山卻有基隆與淡水河開放流向大海，形成一個渾然天成的環境。從近期的研究資料顯示，台北盆地因為都市化與人口的增加，夏季午後雷陣雨有逐漸增加的趨勢，不排除是人為活動所產生的影響，而過去的週間研究比較多著重在非降水氣象參數，像是汙染物濃度、溫度、雲量及日照量等等……對於降水這個氣象參數的週間變化分析較為稀少。從 1997 年的 12 月 1 日以來在台北盆地內大量設置了密集的氣象局地面自動觀測站與都卜勒雷達觀測網，可以在時間與空間上可以精確分析降雨與其他氣象參數的週間變化，同時在 1991 年的 7 月，行政院環保署也在台北盆地內建置密集的空氣品質監測網，提供本研究機會去檢視台北都會區人為活動對於降水是否產生週間變化。

(一)文獻回顧

文獻回顧的部分將把過去有關於氣象參數週間變化的論文大致分成三個部分來介紹，分別是依照其研究的氣象參數種類分成非降雨之氣象參數、降雨或者降雨

相關之氣象參數；而降雨再依照其分析的空間尺度大小分為數百到數千公里與數十公里，其中數十公里大致也可作為類似一個城市的尺度(city scale)，以台北都會區來講，即是屬於城市尺度。



1.非降雨氣象參數之週間變化:

過去有關於非降水氣象參數週間變化的研究，被研究的氣象參數有溫度、氣壓、風向風速、相對溼度與輻射量等，污染物參數則有懸浮微粒、細懸浮微粒與懸浮微粒光學厚度等，而研究的地理位置有亞洲、歐洲、美洲等各國家，橫跨世界各大洲。以溫度為例，Forster and Solomon(2003)的研究提出氣象參數的週末效應是一個非常微小變化，所以需要較多的資料累積量，才能偵測到其中的變化。該研究分析長期的日夜溫差與日最低溫的資料，發現在日本、中國、墨西哥、美國等大都市均有明顯的溫度週間變化，其中日夜溫差主要是受到日最低溫的影響，週末和週間的日夜溫差最多可以相差攝氏 0.5 °C。該研究推論人為活動排放之懸浮微粒可能在週間效應上扮演重要角色。而討論到懸浮微粒與溫度關聯的研究，談等(2008)研究台北都會區春節的假期效應時發現日最高溫、日均溫及日夜溫差皆是非春節期間大於春節期間，也就是沒有放假時期大於有放假時期。再分析懸浮微粒(PM₁₀)時發現，在春節期間空氣中懸浮微粒的濃度因交通車流量較少而減少，因為懸浮微粒(PM₁₀)會吸收太陽輻射，故當懸浮微粒(PM₁₀)減少時太陽輻射吸收較少使週圍環境大氣溫度變降低，垂直穩定度變小進而加速對流使雲量變多，使得最高溫變低，日夜溫差變小。因為污染物參數常常與人為活動有所關聯，故在討論污染物參數的時候，也常常會一併討考量交通工具的廢氣排放量，其中 Shutter and Balling(2006)的研究發現到亞利桑那州鳳凰城其污染物的週間變化，與該地交通工具流量有密切的關連。不過也有一部分的研究認為，氣象參數的週間變化未必全然都是人為活動所引起的，也可能大自然當中本來就有該週期的波動，其中 Kim et al. (2010)的研究認為北美地區的氣象參數週間變化，可能是大氣羅士比波所主導，而非人為活動所產生的。

2.降雨或者與降水相關氣象參數之週間變化:

研究降雨的週間變化的同時，為了討論其降雨可能的機制來源，往往也會同時分析其他氣象參數的週間變化來交叉對比彼此之間的關連，其中可能牽扯到懸浮



微粒的直接輻射、間接輻射、半直接輻射等效應，同時懸浮微粒也可能影響大氣的穩定度與大氣溫度，而且大環境的動力與熱力條件也會影響到氣象參數的週間變化，所有氣象參數彼此之間的影響都是環環相扣的。在空間上為數百到數千公里範圍的降雨週間變化過去的有被討論的國家有美國、德國、法國與中國等，以美國為例，Cerveny and Balling(1998)的研究在美國東岸研究三個互相獨立的地區性氣象參數的週間變化，分別是低對流層的污染物(一氧化碳與臭氧)、降水、熱帶氣旋的最大風速。觀測到一氧化碳與臭氧的濃度在週一到週二相對較小；週三到週六則濃度較大。而降水與熱帶氣旋的最大風速變化與污染物濃度變化類似，該研究認為污染物所造成的熱力影響也會對該熱帶氣旋造成週間循環。Bell et al.(2008)的研究則是利用了 Tropical Rainfall Measuring Mission(TRMM)衛星資料、雨量筒資料、在分析資料來對於美國東南沿岸的降雨進行分析，其中 TRMM 衛星資料證實了美國東南部在週間的降雨強度或者空間上的平均皆比起週末來的更大，並且 TRMM 上的雷達資料則顯示出週間的水象粒子也比起週末可以到達更高的高度。同時發現低層風輻合、高層風輻散、中層風的垂直速度在美國東南部也具有週間變化，並且水氣輻合量也與衛星資料的結果一致。在美國西半部較乾燥的地區其週間變化也存在但相對較微弱。上敘的研究都有看出降雨具有明顯的週間變化，但是 Delisi and Cope(2001)的研究分析美國的東北走廊(Northeast Corridor，美國東北部的波士頓與華盛頓特區之間的鐵路路段)的七個城市 20 年的資料，透過計算日降雨頻率或者日降雨強度，透過使用單因子變異數分析(one-way analysis of variance)、學生 t 檢定、卡方(χ^2)檢驗等檢定方式來檢定期週間變化的差異值是否足夠顯著，但其檢定結果卻是皆未通過 95%的顯著水準，故該研究無法在日降雨頻率與強度上面看出週間變化。Schultz et al.(2007)的研究則是與 Delisi and Cope(2001)的研究結果類似，使用美國 219 個地面觀測站的雨量資料，也同樣看不出有降雨具有週間變化，而如果僅分析夏季也同樣看不見週間變化。新的降水週間變化研究結果，有時候可能跟前人的研究成果一致；但有時候結果卻是相反，增添了降雨週間變化研究的複雜度與挑戰性。

歐洲地區則有 Baumer and Vogel(2007)的研究，該研究對德國 12 個氣象站在 1991~2005 年進行週間分析，同時這 12 個測站在氣象跟污染物條件皆是各異，不過最後卻在這 12 個測站平均結果看見了許多氣象參數皆具有週間變化趨勢，像是



溫度、日夜溫差、日照時間、雲量、降雨、降雨頻率。但這 12 個測站當中還有一個是位在海拔高度 2960 公尺的阿爾卑斯山上，不過其週間變化與其他位在都會區的測站皆相同，故該研究認為都市地區的局部熱排放可能不是一個主要的主導週間變化的因素，而懸浮微粒的直接效應也不能解釋輻射量的週間變化，因為雲量與降雨的週間變化也同時被修正，故該研究認為懸浮微粒的間接效應對於雲量與降雨才是關鍵角色，並且懸浮微粒與氣候變化的交互作用可能要考量大氣動力的條件才可能被完全解釋清楚。Dessens et al. (2001)在分析法國西南部降冰雹的週間變化時發現，在面對大西洋方向的地區，冰雹的強度與頻率在週間與週末並沒有變化，但在內陸地區，冰雹的頻率與強度則有明顯的週間變化，在週末的冰雹大小明顯較週間來的大，該研究在觀測內陸的空氣污染的變化時，推測由於人為活動造成懸浮微粒濃度增加，造成冰核粒子的數量改變，導致法國西南部內地冰雹的強度與頻率會有週間變化。

亞洲地區則有龔等(2006)分析中國東部地區夏季之日降水頻率的週變化，利用 1979-2002 年 194 個站日降水資料分析了中國東部地區夏季日降水頻率的週內變化，發現降水頻率存在明顯的週末效應。表現為週末降水頻率的增加以及週間降水頻次的減少，極小頻率出現在星期三。其中小雨頻率的週末效應表現更為突出。造成降水週末效應的主要原因可能與人類活動導致的懸浮微粒濃度的週循環有關。夏季週間懸浮微粒濃度的增加不利於暖雲降水；反之，週末懸浮微粒濃度的下降則導致了週末降水頻率的相對偏高。

3.降水之週間變化:

上一節之中有關於前人對於降雨的週間變化研究的空間尺度都是比較接近綜觀尺度甚至大尺度範圍，反觀降雨在中小尺度方面(空間尺度約數十公里)的週間變化研究過去被人們討論的相對比較少，亞洲地區為例，顏(2010)的研究發現在 1999~2008 年夏季弱綜觀環境下，台北盆地內的降雨有明顯的週間變化，平均降雨強度週間明顯大於週末。同時並發現到這樣的降雨週間變化在過去 50 年內是不存在的，至少從 1989 年開始才比較顯著。同時發現到週間的午後降水有比週末的午後降水來的明顯延遲，該研究猜測為週間懸浮微粒濃度較大所導致，因為懸浮微粒扮演著凝結核的角色，造成大氣中液態水平均分配在其凝結核的水量較少，也造成

水滴粒徑較小，不易太早掉落地表，可以漂到更高的高度，高度越高環境溫度越低，故較多的小水滴上升到 0°C 線之上，產生冰晶，冷雲過程將為其降雨的主要來源。

以歐洲地區為例，Marani(2010)的研究透過使用 ball-in-boxes test 的方法，發現到義大利馬拉格(Marghera)、美國費城(Philadelphia)、美國波特蘭(Portland)，均可看見降雨在星期五、星期六與星期日有加強的趨勢，但其訊號是在 1990 年之後才比較顯著，而在 1990 年之前很微弱。同時該研究提到，週間變化常常不是一個明顯的訊號，受到觀測資料的方式、分析時間的選取、局部環流與綜觀天氣系統的影響，有時候可能會看見某種氣象參數的週間變化訊號，但如果時間選取的時間不同，該週間變化訊號可能又會變得不明顯，再次顯示出週間變化研究具有很大的複雜性與變化性。再以英國地區為例，Ashworth(1929)的研究發現英國的 Rochdale(洛奇代爾)在週日的時候降雨較小，推測原因為週日的工廠煙與廢氣排放量也是最少的，該研究認為在 Rochdale(洛奇代爾)這個城市相對地形為比較平坦的地區，只有透過微小的氣流上升，則就以機會產生降雨，而該上升氣流的來源就是工廠的熱氣排放，同時工廠排放的熱氣當中又含有一些凝結核，也有利於降雨的形成。儘管該研究沒有去定量估計其對於降雨影響的大小，但該研究透過大量資料統計顯示出該星期日會出現降雨最小值與熱氣排放有關聯。Lawrence(1971)的研究發現倫敦地區的降雨的週間變化與風速、日照時間、都市熱島效應的大小有關聯，分析倫敦地區 1949 四月到 1969 年三月，共計 20 年的統計，發現到在 5~7 月的平均日最高溫具有明顯的週間變化，其週間變化的振幅大小可以到達攝氏 0.5 度，並且在週四有最小值；週日有最大值，而風速的週間變化反而與其相反。該研究認為日最高溫的週間變化可以用空氣污染物濃度的週間變化來解釋，這個結果與過去對於熱對流在都會區與鄉村會造成不同的降雨類型的認知頗為一致，最後結論認為風速的大小對於熱島效應與其降水扮演著一個很重要的因子。

在研究空間尺度相對較小的地區時，都會熱島效應對於整體大氣環境也具有很大的影響，要討論氣象參數的週間變化，往往同時也要檢視其他氣象參數的週間變化來釐清彼此的關係，而其中都會地區的熱排放量也是人為活動對於大氣環境造成影響的一項來源，人為熱排放通量(Anthropogenic heat flux, AHFs)會影響到大氣環境的溫度與穩定度，當大氣的穩定度改變的時候，進而再影響到降雨的週間變



化。Cotton and Pielke(1996)研究許多大型都會區，如美國墨西哥城、日本東京、中國的上海等，研究指出市區氣溫往往比郊區或農田高出攝氏 5 度以上，這是因植物葉面在水汽蒸發過程，使得地表及近地面大氣得以冷卻降溫，但當森林被砍伐取而代之成為都市建築物或道路後，上述冷卻降溫的效果就會大幅降低，造成都市熱島效應。而城區內高聳的建築物增加地面的粗糙度，降低都市區的通風效率，使城市區的增溫速度比郊區快，熱對流於城市區顯著發生。Lin et al. (2010)的研究透過 WRF 模擬北台灣降雨空間上分布，比較 U.S. Geological Survey (USGS)與 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)兩種不同種類的土地利用資料，發現到 MODIS 的土地利用資料比起 USGS 的土地利用資料其累積雨量的模擬結果更為正確，該研究指出正確的土地利用資料將會對於模式模擬都市熱島排放量造成很關鍵性的影響，並且都市熱島效應在熱力與動力過程扮演著很重要的角色，將會進一步影響到午後雷雨發生的位置。Koralegedara et al. (2016)的研究，則指出 AHFs 在台灣本島內有超過 40% 的值介在 $10-40\text{Wm}^{-2}$ ，且 AHFs 對於估計中尺度氣象模式有很大的影響。該研究使用一氧化碳 CO 與氮氧化物 NO_x 排放量再加上統計回歸方法來推估 AHFs 含量，去與 Large Scale Urban Consumption of energy model (LUCY) 模式模擬出來的 AHFs 結果進行比對，確認該統計回歸方法也有足夠的能力來推估出 AHFs 的含量。最後結果為土地利用種類、人口密度、主要高速公路與工業區在空間上的分布，對於 AHFs 的產生有明顯的影響。Lin et al. (2016)的研究利用 WRF 結合 original urban canopy model 改為 WRF-UCM 與結合 modified urban canopy model 改為 WRF-UCM2D，其中 WRF-UCM 在土地利用種類的界定上單純只是區分是否為都會區而已，並沒有強弱之分；WRF-UCM2D 則在都會化上有強弱強度之分。結果發現到兩者的表現主要差異在非都會區的晚間的溫度，並且 WRF-UCM2D 在相關係數平方比起 WRF-UCM 更大且均方根誤差(Root mean square error, RMSE)比起 WRF-UCM 更小，也就是 WRF-UCM2D 在模擬非都會區的溫度方面表現比 WRF-UCM 來得更為出色。而該改進可能歸功於在都會化相對較低的地方其紊流混合上的能量交換更有效率。

(二)研究動機

從上一節文獻回顧得知，過去週間變化的研究大多著重在非降水的氣象參數，

其中又以污染物、懸浮微粒濃度、溫度及日照量等等為主，有探討到降水參數的研究，大多其分析的空間尺度較大，而小尺度的研究大部分皆是非台灣地區的研究，對於台灣地區小尺度的降雨週間研究過去並沒有被討論，而台北盆地是全台灣都市化最高且人口最集中的地區，故具有研究價值。而選擇降水這一氣象參數的主要原因是該參數是所有氣象參數之中最為不連續的，不像溫度或者污染物與氣膠濃度存在一個背景平均值，沒有降水的時候，降水即是零；但當下豪大雨時，降水可以有破百的高值，該參數也為所有氣象參數之中最不好研究的參數。而且該參數對於人類活動的影響也常常是最直接，且也常有成災之可能。

在台灣過去已有不少研究是針對對流降水來做個案討論，然而大多數的研究皆從模式模擬切入，分析觀測資料的研究相對較少，對於台灣地區而言，人為活動所產生之週間效應對於午後雷陣雨降水影響的探討非常少。儘管 Chen et al.(2007)曾提出了台北都會區午後降水的特徵，但是此研究主要為長時間的觀測特徵，對於午後降水在空間上的週間變化，以及建築物的分布與懸浮微粒的濃度是否也扮演重要的角色等問題，並沒有加以探討。

(三)研究目的

本研究的主要目的，就是要了解台北盆地的午後雷陣雨是否有明顯的週間變化，並且拓展人們對於降雨週間變化的這一塊知識的了解，同時得知人為活動有相當程度可以影響天氣現象。同時也可以知道在一週之中，哪幾天的平均值比較大；哪幾天的平均值比較小，一定程度可以作為一種對於午後雷陣雨時間上的預報參考值，而人們的生活，不能擺脫「週」這個循環，使人們可以知道哪幾天會有比較高的可能性出現比較強的午後雷陣雨，以做好事前活動的規劃。

本研究主要是藉由 1999 年~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下的所有天數，而選取弱綜觀環境的原因就是 Marani(2010)論文所提及，綜觀環境系統常常會模糊掉週間變化之訊號，並利用高解析度的雷達資料及其他可使用的氣象觀測資料進行週間分析，希望對於午後雷陣雨的週間特徵能有更進一步的了解。本文第二章說明本研究所使用的資料來源、測站分布位置與統計檢定處理方法，還有透過建築物百分比資料定義出台北都會區大致的範圍，並針對如何選取弱綜觀環境之樣本天數詳細說明。第三章主要在描述台北盆地的大氣環境與雨量空間上的分布情形。第四

章是進入主要週間分析，將使用氣象局個別測站的資料，來進行午後雷陣雨的週間分析，同時也使用五分山雷達的回波資料去與平均降雨強度做比對，且因為雷陣雨也常常伴隨著閃電，故也將對閃電進行空間上與時間上分布週間分析。為了想要了解其降雨可能背後的來源，將對午前一小時(11:00~12:00)的其他氣象參數進行週間分析，本研究大致分為三大因子，分別是懸浮粒子、熱力因子、動力因子。第五章將對第四章所求得之氣象參數週間分析結果，進行統計檢定，以確認其週間與週末的差值是否足夠顯著。第六章則是討論降雨強度與其他氣象參數發生位置上的相關性，討論相關性背後的物理機制。最後並將主要的研究結果與未來展望整理於第七章。



第二章 資料與分析時間與方法

(一)資料

1.資料來源

- (1)中央氣象局(CWB)：地面自動觀測站逐時雨量、溫度、相對濕度、混合比、風向風速等資料，包括局屬地面觀測站及自動觀測站。板橋探空資料，十二小時一筆，使用 00UTC 的資料。五分山都卜勒氣象雷達(RCWF)資料，每六分鐘一筆體積掃描(Volume scan)的雷達回波場資訊。每日 00UTC 之氣象同步衛星(geostationary meteorological satellite, GMS)衛星雲圖，包含可見光雲圖與紅外光雲圖。海象測報中心潮位站海表面溫度(SST)資料，其中包含淡水潮位站與基隆潮位站逐時海溫(圖 2.1)。
- (2)行政院環保署(EPA)：台北市與新北市觀測站逐時懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)濃度及懸浮微粒成份資料(圖 2.1)(詳細測站分布如圖 2.2)。
- (3)中鼎工程顧問公司(CTCI)：台灣地區高解析度的土地利用資料，此高解析度土地利用資料是由中鼎工程顧問公司利用內政部所出版 2001 年經建版之 1/25,000 基本地形圖數位化後所得，網格解析度為 1 公里。此網格資料代表建築物百分比的多寡。
- (4)台灣電力公司閃電分布資料：1989 年 6 月台灣電力公司建置第一套落雷檢測系統(Lightning Location System, LLS)，此系統僅能提供雲對地閃電(CG)的資訊。直到 2003 年 6 月台電建置新一代的整合型落雷系統(Total Lightning Detection System, TLDS)，此系統不僅能偵測雲對地閃電，更增加了偵測雲中閃電(IC)的資訊。
- (5)數值地形資料：台灣地區數值地形模型資料(DTM, Digital Terrain Model)為行政院農委會補助計畫「台灣地區數值地形模型資料」，由林務局農林航空測量所執行，製作完成之台灣地區數值地形模型資料(DTM)，轉存中央大學太空及遙測研究中心並負責保管。

2.五分山都卜勒雷達之特性與處理

五分山雷達為 WSR-88D(Weather Surveillance Radar-1988 Doppler)型 s 波段(10 公分)都卜勒氣象雷達，雷達天線高度為 766 公尺，雷達的觀測資料包括降水回波強度、都卜勒徑向速度以及頻譜寬。雷達掃瞄觀測為順鐘向 360 度圓錐面掃瞄，並非由固定方位開始掃描，而每次觀測所得不同仰角的圓錐面資料組成完整的體積掃瞄，掃瞄策略為每 6 分鐘進行 9 個仰角的圓錐面掃瞄，分別為 0.4、1.4、2.3、3.3、4.2、6.0、9.8、14.5 及 19.5 度，掃瞄一層約費時 26~34 秒。雷達回波資料觀測範圍為 460 公里，在 2008 年之前(2009 年之後)徑向解析度為 1 公里(0.25 公里)。

五分山雷達的資料處理流程步驟如下：

- (I)將 level II 資料格式轉換成 UF(universal format)資料格式。首先將 level II 資料解壓縮之後，轉為兩組氣象局格式資料，分別為雷達回波以及都卜勒徑向速度資料，然後再將此兩組資料轉換成 UF 格式資料。
- (II)將 UF data 轉換為 sweep data 並使用 NCAR soloi 軟體處理雷達回波場及風場資料。雷達回波場的處理主要是刪除海面雜波及地形雜波，即刪除 0.4 度仰角掃描中，因海面所造成的雷達回波，以及剔除因地形所造成的恆定回波(permanent echoes)，最後再將處理完畢後的都卜勒雷達資料轉換回 UF 格式。

3.中鼎公司(CTCI)土地利用型態資料(landuse data)介紹

土地利用資料為中鼎工程顧問公司利用內政部所出版的 2001 年經建版之 1/25,000 基本地形圖(1999 年~2001 年)數位化後所得。經建版之基本地形圖全國共計有 261 張圖幅資料，中鼎公司將此資料之紙圖及數值檔案經過土地分類整理、圖形修正、草圖檢核及地類面積計算等繁複的處理過程後得到 1/25,000 之台灣地區數位化地類圖。資料網格則是採用世界橫麥卡脫投影 (Universal Transverse Mercator Projection Grid System，簡稱 UTM) 座標系統，網格解析度為 1 公里。中鼎公司的土地利用型態分類中，是將台灣分成 16 種不同的地表型態(住宅區建築區、果園農場、蔗田、旱作地、針闊葉林、矮林、綠地、茶林、水域、水田、魚池、魚塭、機場、礦場、港口、海及其他)，分類的方式是先將空照圖分成一公里見方的小方塊，再判定在方塊中這 16 類地表形態各所占的比例。其中土地利用為森林

的部分，因為空照圖無法明確的分類出針葉林、闊葉林的分布範圍，故將森林的地區統一歸類為混合林。本研究主要探討都會效應對午後降雨的影響，因此本研究將人為所建設的項目皆歸納為建築物內。



4.閃電資料之特性與介紹

(1)觀測儀器說明

臺灣電力公司因其業務上的需求，自 1989 年 6 月建置了第一套落雷檢測系統(LLS)，但此套偵測系統僅能提供雲對地閃電的資訊。而在 2003 年臺灣電力公司建置新一代的整合型落雷偵測系統(TLDS)，此系統不僅能偵測雲對地閃電(CG)，更增加了偵測雲中(IC)／電間閃電的能力。當閃電發生時，會產生從超低頻(1kHz)到超高頻(1GHz)的電磁波能量，電磁波的能量以近光速由閃電點以球狀向外輻射傳播，觀測系統的檢測原理即為偵測並且記錄雷擊放電時所釋放的電磁波。觀測系統可以分成三個部份，分別是方向檢測器(Direction Finder)、位址分析器(Position Analyzer)以及資料分析器(Data Analyzer)。

方向檢測器架設在臺灣各地，環繞著臺灣，目前共有八台(圖 2.3)，而位址分析器與資料分析器位於台電的綜合研究所內。當閃電產生的電磁波脈衝抵達方向檢測器的天線時，檢測器會測量並處理這些電壓與信號波形，將訊號即時傳回給中心的位址分析器定位及資料分析器記錄(何，2004)。單一的方向檢測器只能夠判別出閃電電磁波入射的方向而無法確實定位，若要判斷閃電發生的位置，最少需要兩組以上的檢測器共同觀測到閃電電磁波，由兩組檢測器所測得閃電入射方向延伸出去的交點即為閃電發生的位置。但當一個對流系統發展時，在相臨近的点即有多次的閃電發生，並且時間上相隔很近，因此配合上 GPS 訊號源同步法，GPS 訊號能夠分辨出 10^{-5} 秒時間尺度的資訊，能夠把全部雷雲放電過程全部解析出來。透過以上的方式，便能精確地定出閃電發生的位置。由於單一偵測站架高至 500 公尺時可測距離約為 250 公里，作業上需要 2 座以上偵測站互相配合才能精準地定位，所以實際上有效閃電觀測的範圍是有一定限制的(廖，2004)。

(2)閃電類型介紹



閃電依據其放電的方式可以分為四種型態，第一種類型是與人類最直接相關也最被廣為研究的是雲對地閃電(Cloud to Ground, CG)，也就是人們俗稱的落雷，主要特徵為閃電有擊到地表。第二種類型為雲中閃電(Intra-Cloud, IC)，此種類型的閃電占數目比例為全部閃電的大多數，第三種類型為雲間閃電(Cloud to Cloud)，指雲與雲之間的放電。第四種類型為雲對空閃電(Cloud to air)，此種閃電多存在於雲頂。因為雲間閃電及雲對空閃電次數較少並且從資料中難以分辨，因此在本研究中通通歸類在為雲中放電，並以 IC 稱之。

5. 數值地形資料介紹與處理

(1) 數值地形資料介紹

台灣地區數值地形模型資料(DTM, Digital Terrain Model)為行政院農委會補助計畫「台灣地區數值地形模型資料」，由林務局農林航空測量所執行，製作完成之台灣地區數值地形模型資料(DTM)，轉存中央大學太空及遙測研究中心並負責保管。此 DTM 之地面解析度為 40m*40m，平面座標系統採用二度分帶橫麥卡脫投影(Two Degree Zone Transverse Mercator Projection 簡稱二度 TM 座標)。平面座標單位為公尺，高程(即高度)為釐米，原始資料以 ASCII 碼逐點儲存三維座標。

(2) 數值地形資料的處理

由於地形資料為 ASCII 碼儲存，資料儲存空間過於龐大，而為了節省資料儲存空間及增加資料讀取速度，所以將原始資料轉為 BINARY 格式，並且將垂直解析度降為公尺。此外，由於本研究需利用地形資料作計算，而為了節省電腦效能及減少電腦計算時間，特別另外輸出一組水平解析度為 1km*1km 的地形資料(垂直解析度仍為公尺)，以配合徑向解析度為 1km 的都卜勒雷達資料。

本研究為配合此地形資料之座標系統，透過中央研究院計算中心 GIS 小組所開發的座標轉換計算程式，將所有經緯度資料(即海岸線資料與測站位置)統一轉換為 TWD67(Taiwan Datum 1967)大地基準之 TM 二度分帶座標(即以虎子山為三角測量基準)。下列為 TWD67 的相關介紹：

(i) 參考橢球體採用 1967 年新國際地球原子如下：

長半徑: $a=6378160$ 公尺, 短半徑: $b=6356774.7192$ 公尺, 扁率: f
 $=(a-b)/a=1/298.25$ 。



(ii)大地基準點以南投埔里之虎子山起算:

經度 λ 為 $120^{\circ} 58' 25.975''$, 緯度 φ 為 $23^{\circ} 58' 32.340''$, 對頭拒山之方位角 α
 $=323^{\circ} 57' 23.135''$ 。

(iii)高程(即高度)基準面: 台灣本島以基隆平均海水面起算, 澎湖以馬公平
均海水面起算。

(iv)地圖投影:

有關地籍測量及大比例尺測圖所應用之座標系統, 係採用橫麥卡托投影經差二
度分帶, 台灣本島之中央子午線為 121° , 座標原點為中央子午線與赤道交點,
且橫座標西移 250,000 公尺, 中央子午線之尺度比率 0.9999。

(二)研究天數之選取定義與原因

1.選取方法

本研究所探討的是在 1999 年~2015 年間夏季(6、7、8 月), 不受強綜觀天氣系
統影響(颱風、鋒面...等)之弱綜觀環境, 弱綜觀天數選取條件如下: (1)利用每日
00UTC 之地面天氣圖, 將鋒面, 颱風等系統影響之天數剔除。(2)接下來參考中央
氣象局所提供的 GMS 紅外光衛星雲圖與可見光衛星雲圖, 移除鋒面雲帶、颱風
及其外圍環流或其他外來雲系影響之個案天數, 以確認台灣附近沒有任何顯著雲
雨系統的影響, 上述條件皆滿足即納入本研究的天數(不管有無顯著性降雨, 只
要是弱綜觀天數皆納入研究的選取天數)。最後選定出本研究所使用的 773 天弱
綜觀天數如表一所示, 其中週日到週六個別七天的天數如表二所示。

2.選取原因

根據 Forster 與 Solomon(2003)與 Marani(2010)的研究, 氣象參數的週間變化是
一個很微小的變化, 所以需要較長時間的資料量, 才能看見其變化, 故本研究選
取了 1999~2015 年共計 17 年的資料, 其中因為台北都會區大多數自動氣象站是
1997 年 12 月 1 日建設, 剛架設測站的時候可能儀器有所不穩定, 故本研究選擇

儀器至少架設一年之後的夏季，即是從 1999 年的夏季開始；同時考量到五分山雷達在 2015 年 8 月 8 日被蘇迪勒颱風摧毀，故本研究選取到 2015 年為止。



(三)分析方法

1.分析時間

本研究分析的主題是午後雷陣雨，故降雨量的分析選取午後六個小時，即是 12:00~18:00 LST 時間，而閃電與雷達回波也是分析該時段。降雨則是取有效降雨值大於等於 0 (mm h^{-1})的時段進行分析，儘管大部分的時段是沒有降雨的，把過多沒有降雨的時段也納入統計的平均降雨強度其值將相對較小，但為了跟其他氣象參數在分析時間上維持一致性，故降雨值為 0 (mm h^{-1})的時段也將納入統計。

海風分量、垂直風切、溫度、相對濕度、混合比、對流可用位能(convective available potential energy, CAPE)、對流抑制能(convective inhibition, CIN)、靜力穩定度、對流不穩定度、懸浮微粒(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$)等動力、熱力與懸浮粒子參數，其分析的時間則是午前一小時，即是 11:00~12:00 LST 這一小時。

2.分析空間

利用中鼎公司(CTCI)土地利用型態資料，定義台北盆地都會區的空間範圍，因為常理下建築物分布越密集的地方，越有可能是都會區。而本研究的選取標準有三個：

- (1)建築物百分比大於 10%
- (2)地形高度大致小於 50 公尺
- (3)在空間上是一個完整的簡單幾何圖形，而非破碎的複雜圖形

故本研究定性上定義出一個三角形範圍作為台北盆地都會區範圍，如圖 2.4 所示。

該範圍內詳細行政區分布如圖 2.5 所示。

3.Z 檢定

此統計檢定方法用以檢驗兩組參數的平均值是否有顯著的差異，給定兩組參數其個別的平均值為 μ_1 與 μ_2 、資料筆數為 n_1 與 n_2 、標準差為 σ_1 與 σ_2 ，計算樣本

標準誤值 $A = \sqrt{\frac{(\sigma_1)^2}{n_1} + \frac{(\sigma_2)^2}{n_2}}$ ，與透過計算兩組平均值的差值 $a = \mu_1 - \mu_2$ ，即可求得 Z 統計值為 $Z = \frac{a}{A}$ ，進而再求得統計量 p 值 $= 1 - \text{NORMSDIST}(Z)$ ，其中 NORMSDIST 為計算標準常態累加分配值的 excel 內建函數，給定顯著水準 α ，如果 p 值小於顯著水準 α ，則通過 Z 統計檢定；反之則沒有通過統計檢定。

4.t 檢定

此檢定方法是檢定該兩組資料所求得的相關係數是否足夠顯著，給定樣本數 n ，可以求得自由度 $v = n - 2$ ，給定顯著水準 α ，可以求得右尾臨界值 $t_c = \text{Tinv}(2 \times \alpha, v)$ ，其中 Tinv 為回傳 Student's 式 T 分配雙尾反值的 excel 內建函數，再給定相關係數 γ ，可以計算 t 統計值 $= \gamma \times \sqrt{\frac{v}{(1-\gamma^2)^2}}$ ，如果 t 大於 t_c 則表示該相關係數通過 t 統計檢定；反之則沒有通過統計檢定。

第三章 台北都會區綜觀環境特徵



(一)探空分析

為了要了解整個台北盆地夏季之大氣概況，使用 1999~2015 年夏季(6~8 月)所有弱綜觀環境下的天數，共計 773 天，取每一天 00UTC 板橋探空資料，有鑑於每天探空資料的高度都不同，不方便進行平均，故先將個別每一天的資料內插成每一百公尺一筆資料，包含了氣壓、溫度、露點、風向與風速等氣象參數，之後對應高度取平均，繪製成平均斜溫度(圖 3.1)，由該圖中可以得知，整體大氣對流可用位能(CAPE)高達 $1336.2 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ，對流抑制能(CIN)則只有 $37.3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ，顯示大氣具有明顯之對流不穩定度。底層明顯吹西南風，可能為夏季西南季風，風速普遍偏小，高層吹東北風，且風速逐漸偏大。

(二)平均降雨強度在空間上分布

為了瞭解台北盆地午後 12:00~18:00 降雨在空間與時間上面分布的變化，本研究使用 1999~2015 年夏季(6 月~8 月)所有弱綜觀環境天數，對全台所有氣象局地面觀測站(包含局屬站、自動氣象站、自動雨量站)的午後六小時逐時降雨量先計算其平均值，之後再對這些平均值進行客觀分析(Cressman 1959)以製成水平網格資料，繪製成平均逐時降雨強度分布(圖 3.2)，其中能看見其平均逐時降雨強度的極大值大致位在台北盆地中心偏西南，其中又以中永和與板橋地區有明顯的極大值，而最大值則位在新北是板橋區附近；極小值則是在淡水河谷附近，變化趨勢由南到北逐漸遞減，可以看見在都會區附近確實有降雨強度比較大的趨勢。若改為分析午後六小時平均逐日降雨強度製成分布(圖 3.3)，因為平均逐日降雨強度累積有 6 個小時，所以其值較平均逐時降雨強度來得更大，不過可以看見平均逐日降雨強度極大值與平均逐時降雨強度分布大致相同，一樣是在台北盆地中心偏南有一極大值，變化趨勢也是由南到北逐漸遞減。

為了要更深入了解其週間變化，把所有弱綜觀天數 773 天分成週日到週六這七個獨立的樣本(星期日共有 107 天、星期一共有 105 天、星期二共有 109 天、星期三共有 111 天、星期四共有 110 天、星期五共有 116 天、星期六共有 115 天)來個別進行七天逐時降雨強度與逐日降雨強度的週間平均分析，分別繪製出其七天

個別的分布圖(圖 3.4a~3.4g 與圖 3.5a~3.5g)，從七天個別的平均逐時降雨強度分布(圖 3.4a~3.4g)可以看見，在星期三在台北盆地中心具有較大的平均逐時降雨強度，其平均逐時降雨強度最大值主要坐落在都會區市中心，以大安區與信義區為中心最大值，而在板橋區一帶也有一極大值。而星期日的平均逐時降雨強度位在中永和與板橋一帶，但其還有一極大值是從南邊山區向外延伸出來，並非在都會區局部發展出來的，而在星期一與星期六則具有比較小的平均逐時降雨強度；而從七天個別的平均逐日降雨強度分布(圖 3.5a~3.5g)可以看見，平均逐日降雨強度也是在星期三與星期五在台北盆地具有較大值，而最小值也是在星期一與星期六。從以上結果顯示出，平均逐時降雨強度與平均逐日降雨強度兩者在一週七天當中相對大小順序大致相同，且星期三不論在平均降雨強度與平均逐日降雨強度是一週七天當中具有最大值；星期一與星期六不論在平均降雨強度與平均逐日降雨強度皆是一週七天當中相對最小與次小值。

為了讓結果更為清楚，把本研究所定義的三角形都會區範圍內週日到週六個別七天其所有網格點數值取空間上的平均，繪製成週間圖(圖 3.6)，去與個別七天的平均逐時降雨強度水平分布(圖 3.4a~3.4g)做比對，可以看見一致的趨勢，星期三與星期五為最大值與次大值；星期一與星期六則為最次值與最小值。而使用同樣的手法來繪製平均逐日降雨強度的週間圖(圖 3.7)，去與個別七天的平均逐時降雨強度水平分布(圖 3.5a~3.5g)做比對，也可以看見一致的趨勢，星期三與星期五同為最大值與次大值；星期一與星期六則為最小值與次小值。不論從平均逐時降雨強度或者平均逐日降雨強度，都可以看見一週七天具有明顯變化，證明了台北都會區午後雷陣雨確實存在一週七天變化的趨勢。

第四章 個別測站資料週間分析

本章節進入主要分析，將使用氣象局與環保署個別測站的資料，對降雨與其他不同的氣象參數與污染物參數進行週間分析。1999~2015 年位在大台北地區的氣象局地面觀測站，有部分測站從自動雨量站升級為自動氣象站(測站代碼前兩碼從 C1 改變為 C0，例:新莊、中和、五股、文山、石碇)，也有部分自動氣象站有搬遷位置(測站代碼會改變，例:永和、信義、三重、新莊、中和)，也有新建的自動氣象站，不一定所有測站的觀測時間皆有全部包含在 1999~2015 年，但以台北都會區為中心的主要幾個測站(例:台北、板橋、大直、石牌、天母、永和、士林、內湖、南港、信義、三重、新莊、社子、公館、關渡)其觀測時間皆有全部包含在 1999~2015 年，更詳細資訊請見表 3。

環保署的測站觀測時間則較為連續，大多測站的觀測時間皆有包括 1999~2015 全部 17 年，除了淡水測站是 2004/11/20 才開始觀測缺少幾年，但該測站已經遠離本研究的台北都會區，對於本研究並不造成太大的影響；大同測站則在 2005/8/2 之後暫停觀測，直到 2010/8/17 之後恢復觀測。其中位在本研究所定義的三角形台北都會區的測站數目共有 13 個測站，更詳細資訊請見表 4。

本研究把降雨的來源分為三大因子：懸浮粒子、熱力因子、動力因子，個別討論這三種不同因子其週間變化，從中討論哪一個因子的貢獻為最顯著，其分析時間皆為午前一小時，即是 11:00~12:00，時間上刻意不與午後熱對流分析的時間 12:00~18:00 重疊，以免其受到午後熱對流的影響。其中懸浮粒子著重在分析懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的週間變化；熱力因子則是透過探空資料得到之 CAPE、CIN、靜力穩定度與對流不穩定度，還有氣象局地面觀測站的溫度、相對濕度、混合比、水氣壓等熱參數的週間變化；動力因子則是透過探空資料分析垂直風切的週間變化，以及淡水河口海風與基隆河口海風週間變化。

(一)午後熱對流週間分析

1.降雨強度

先以台北局屬站作為整個台北盆地的代表，繪製台北局屬站弱綜觀環境下，午後 12:00~18:00 的平均降雨強度週間圖(圖 4.1)。從圖中可以看見具有明顯的週間變

化，其中又以星期三在最大值；星期一則為最小值。如果改為分析午後六小時內至少有一小時時雨量大於 20 (mm h^{-1}) 的天數所繪製成頻率週間圖(圖 4.2)，也可以看見一致的趨勢。

為了要更進一步了解台北盆地午後降雨的週間變化，將分析台北盆地所有測站個別的降雨週間特徵，繪製出所有測站個別的平均降雨強度週間圖，不過有鑑於測站數目過多，只先表示平均降雨強度有明顯週間變化趨勢的測站(圖 4.3a~4.3k)，其中包括有大直、石牌、天母、永和、士林、內湖、三重、山佳、社子、蘆洲、新莊測站等這 11 個測站，具有明顯的雨量週間變化趨勢，大多數的測站為星期三具有一週當中的最大值，而星期一或者星期六則為一週當中最小值。而不只在台北都會區內的測站才具有雨量週間趨勢，在非都會區仍有部分測站也是雨量具有週間趨勢，但與都會區相比起來數量相對較少(圖 4.4)。

如果再把這 11 個測站與台北局屬站共計 12 個測站做個別每一天個別平均繪製成特徵平均週間圖(圖 4.5)，仍然可以看見星期三為最大值，星期五為次大值；星期一與星期六有極小值。

為了要確定選取弱綜觀天數的代表性，同時也繪製 1999~2015 夏季(6~8 月)不分強弱綜觀所有天數之下(表 3)，台北局屬站的平均降雨強度週間圖(圖 4.6)，此時的週間變化趨勢並不顯著，週間圖的曲線幾乎為一水平線，由此可以印證 Marani(2010)論文中所提及的，氣象參數的週間變化訊號，可能會受到外來強綜觀系統的影響而模糊掉該訊號，故本研究選取弱綜觀環境天數確實有其代表性。

2. 雷達回波

為了要進一步了解台北盆地午後熱對流，將使用時間與空間上高解析度的雷達回波資料來進一步分析，本研究所使用的雷達資料為五分山雷達資料，繪製出平均雷達回波的水平分布(圖 4.7)，可以得知星期三與星期日在平均雷達回波空間上面的分布是高於其它幾天，其中又以台北盆地中偏南與偏西的地方具有比較強的平均雷達回波值，而在氣象局自動氣象站當中的大直測站與士林測站之間有一局部極小值，位置大致座落在劍潭山附近；而在氣象局自動氣象站當中的內湖測站與南港測站之間也有一局部極小值，位置大致位在內湖區的公館山，而該兩者的地形

高度皆小於 200 公尺，以五分山雷達第二層仰角的雷達回波值傳送到台北盆地上空時，其雷達波束下邊界距離地表高度約是 1200 公尺(圖 4.9)，故排除地形雜波的可能，透過雷達回波頻率累積值週間圖(圖 4.10)可以得知，同樣會在該兩個地區出現高頻率值，表示為雷達波束邊界外溢的能量所出現的小回波值雜訊。

如果把本研究所定義的三角形都會區內網格點取空間平均，繪製出空間平均後的雷達回波平均週間圖(圖 4.8)，也可以看出雷達回波值具有週間變化，則是星期三與星期日為最大值與次大值。為了要更加證明降雨具有週間變化趨勢，可以透過 Z-R 關係式來把回波值轉換成降雨強度值。

3.雷達回波透過 Z-R 關係式所得降雨強度

承上一節所述，本研究將使用對流性降水 Z-R 關係式(Xin et al. 1997): $Z = 32.5 \times R^{1.65}$ ，其中 Z 為雷達回波因子(radar reflectivity factor)，單位為 $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$ ，R 為降雨強度，單位為 mm h^{-1} 。而該 Z-R 關係式為一指數曲線(圖 4.11)。透過相同的分析手法，把上一節所提及的雷達回波 dBZ 值先透過該方程式轉換成降雨強度，在進行週間平均，繪製出透過 Z-R 關係式所推得的降雨強度分布圖(圖 4.12)。最後再透過對三角形內所有網格點取空間平均，繪製成雷達回波透過 Z-R 關係式所得平均降雨強度週間圖(圖 4.13)，其平均值比透過氣象局個別測站雨量平均週間圖(圖 4.1)還要來的大，但整體趨勢為一致。

4.閃電

有鑑於午後熱對流同時也伴隨著許多的閃電出現，而閃電也是與午後熱對流相互伴隨出現，所以分析閃電出現的頻率，也有助於進一步了解午後雷陣雨的出現，因為考量到氣象局的閃電觀測網是在 2015 年才建立，不足以解析本研究所要分析 1999~2015 年的時間，故本研究使用的閃電資料是來自於台灣電力公司整合型落雷系統(Total Lightning Detection System, TLDS)，此系統不僅能偵測雲對地閃電(Cloud to Ground lightning, CG)，更增加了偵測雲中閃電(Intra-Cloud, IC)的資訊，而因為閃電資料在空間上分布過於密集，如果使用點散圖不易看清楚其分布，故本研究把閃電資料發生的位置內插至最鄰近的網格點(解析度 1 公里)上去統計其空間上頻率分布(圖 4.14)，不論週日到週六每一天，其累積頻率值主要都集中在台北盆

地與中和新店山區一代，而陽明山與台灣東北角一代則累積頻率值並不高。基本上在新店山區一帶有較高的累積頻率值，推測山區會是比較主要的落雷區，新店與中和山區的閃電累積頻率明顯高於平地。其中在台北盆地都會區內有比較高的累積頻率值為星期日、星期三、星期四及星期五；有比較小的累積頻率值則是在星期二及星期六。把本研究所定義的台北盆地都會區範圍內所有網格點累積得到閃電(包含 IC 閃電與 CG 閃電)累積頻率週間圖(圖 4.15)，可以看見最大值出現在星期四、星期三、星期五及星期日；最小值出現在星期二與星期六。而如果把 IC 閃電與 CG 閃電個別統計得到其累積頻率週間圖(圖 4.16)，可以發現這兩者的週間變化不太相同，而且 IC 閃電的頻率比起 CG 閃電還要多出兩個數量級，所以統計總閃電(IC+GC)會與僅統計 IC 閃電的結果是相同的。根據日本名古屋大學上田博(Uyeda Hiroshi)教授的研究，IC 閃電與 CG 閃電出現頻率在一般的對流系統中兩者數量級大致相近，但當對流系統變成較為劇烈的時候，IC 閃電的數量將會遠多於 CG 閃電。儘管星期三與星期五的總閃電累積頻率不是一週當中的最大值，但至少也是一週之中相對較大值。

(二)懸浮粒子

懸浮微粒對輻射的可能影響包括：

- 1.直接輻射效應 (Twomey 1974; Haywood and Boucher 2000)：指懸浮微粒本身對太陽短波輻射會有散射或吸收的作用，其中散射會導致大氣吸收較少的熱能，有降溫的效果；而吸收會導致大氣吸收較多的熱能，有加溫的效果。而吸收與散射該兩者將改變日照反射率影響地球輻射收支及大氣氣溫(Charlson and Pilat 1969; Seinfeld and Pandis 1998)。所以若散射大於吸收，則有降溫效應；反之若散射小於吸收，則有增溫效應。
- 2.間接輻射效應 (Haywood and Boucher 2000; Lohmann and Feichter 2005) 分為兩種：
 - (1)第一類間接輻射效應：指懸浮微粒成為雲的凝結核，懸浮微粒多，雲凝結核增多，雲滴數目變多，雲滴表面積增加，散射輻射增強，雲的反照率增高，造成地表氣溫下降(Twomey 1991)。而該效應又稱作 Twomey effect 或者雲反照率效應(Cloud albedo effect)。

(2)第二類間接輻射效應：因為第一類間接輻射效應的影響，雲滴數目變多，但平均每顆雲滴直徑變小，碰撞合併的機會變少，成為雨滴機會減小，雲停留在空中的時間較久，降雨效率變低或降雨時間延緩(Warner 1968；Albrecht 1989)。而該效應又稱作 Albrecht effect 或者雲生命期效應(Cloud lifetime effect)。

(3)懸浮微粒的間接輻射效應，對於雲與降水的影響的交互作用控制機制，常常受到一系列控制條件的影響，增加或者抑制某種控制條件，將有機會再找出更多不同種類的懸浮微粒間接效應，但是因為各種懸浮微粒間接效應在自然界中常常是互相影響作用，而非單一作用，但是因為雲與降水的過程常常受到大環境動力與熱力條件的影響，為了要濾除掉該大環境的影響，常常需要使用系集模式與大量的地面觀測資料來篩選出該類型懸浮微粒的影響。

(Tao et al. 2012)

3.半直接輻射效應 (Hansen et al. 1997；Ackerman et al. 2000；Ramanathan et al. 2001)：指空氣中懸浮微粒吸收太陽輻射，使周圍溫度變暖，會使得環境垂直穩定度增加，進而抑制對流使雲量變少。

而懸浮粒子對於降水的影響，大致上可以分成兩大類過程，分別是暖雲過程(Warm-rain processes)與冷雲過程(Cold-rain processes)，當大氣中懸浮微粒較少的時候，將提供較少的凝結核，在環境水氣含量相同之下，平均每粒水滴能分配到的水含量將越多，水滴較大，有利碰撞與合併過程，則較有利於暖雲過程主導；反之如果大氣中凝結核含量越多，平均每粒水滴能分配到的水含量將越少，水滴較小，較小的水滴有利於被環境上升氣流帶到更高層，當高度到達 0°C 時，水滴將凝結釋放出潛熱，將加強雷雨胞的發展，則較有利於冷雲過程(Rosenfeld and Woodley 2000)，且冷雲過程將增加劇烈雨的發生頻率，同時減少小雨發生的頻率。冷雲過程也取決於雲底與雲頂的溫度，在雲底溫度大於 15°C 且雲頂溫度小於 -4°C 時才有利該過程(Li et al. 2011)。

1.懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($\text{PM}_{2.5}$)

本研究所使用的懸浮微粒資料來自於行政院環保署，在台北市與新北市共計有 18 測站(其中陽明測站與萬里測站分別為國家公園測站與背景測站，與本研究的空間距離較遠且相關性不大，故不予分析)，而分布在本研究所定義的台北盆地都

會區範圍內的測站則有 13 個(詳細分布請見圖 2.1)，在空間上的分布頗為密集，空間上足以解析其懸浮微粒的週間變化。

將其個別測站的懸浮微粒(PM_{10})弱綜觀環境夏季午前一小時的時段進行週間分析，得到平均懸浮微粒(PM_{10})的平均濃度週間圖(圖 4.17)，其中大部分的測站皆有週間變化趨勢，明顯是週間(星期三或者星期四)為最大值；週末(星期日)為最小值，而同樣是假日的星期六其懸浮微粒濃度(PM_{10})與星期日相比並非最小，推測可能原因為星期四或者星期三的高濃度懸浮微粒尚未完全消退所致，還有部分工商業是週休一日，只有星期日放假，所以星期六的懸浮微粒濃度並沒有如星期天低。以萬華(圖 4.17a，位在臺北市萬華區福星國小)、古亭(圖 4.17b，位在台北市大安區古亭國小)、中山(圖 4.17c，位在臺北市中山區新興國中)這三個測站距離氣象局台北局屬站最為接近，其三者的變化趨勢也頗為一致，最小值皆位在星期日；最大值萬華與中山測站是位在星期四；而古亭測站的最大值位在星期三，不過整體來說星期三與星期四的量值並沒有差異太大。

為了要更深入了解懸浮微粒(PM_{10})在整個台北都會區的週間變化，本研究選取了在台北都會區內 13 個環保署(萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站)測站進行懸浮微粒(PM_{10})濃度的特徵平均(圖 4.18)，其特徵平均的結果依然是週間大於週末，星期四為最大；星期日為最小。這點與降雨的特徵平均後的趨勢不太一樣，但如果單看星期三，至少也是七天之中第二大值，其對降雨所造成的影響還是有潛在可能。

除了懸浮微粒(PM_{10})之外，仿造分析懸浮微粒(PM_{10})的方法，本研究同時也分析了細懸浮微粒($PM_{2.5}$)濃度的週間變化(圖 4.19)，有鑑於環保署除了古亭測站之外，其餘測站大多是在約 2004 年之後才有細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的濃度觀測，所以整體的週間變化訊號較為雜亂，但整體而言與懸浮微粒(PM_{10})一樣也是週間濃度大於週末濃度，其都會區 13 個測站的特徵平均結果(圖 4.20)，其變化趨勢與懸浮微粒(PM_{10})也是相同，最大值在星期四，次大值在星期三；最小值在星期日。

(1)排除掉降水對於 PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 濃度的影響

考量到降水可能會對懸浮微粒濃度有直接的影響，因為降雨會把氣膠濕

沉降帶到地表，過往的認知是剛下過雨之後空氣裡的氣膠濃度有明顯下降，空氣品質相對會好轉。所以本研究同時考量到，如果排除掉當天的下雨與前一天的降雨，其懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的週間變化可能會更接近真實。環保署測站同時也有觀測降雨量，為了要排除掉降水對於懸浮微粒的影響，分析的時間改為 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，且當天 00:00~12:00 與昨天一整天都沒有降雨的天數才納入統計，繪製出排除掉降雨影響的懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的週間變化(圖 4.21 與圖 4.23)，結果與上一節所提到(圖 4.17 與圖 4.19)的差異並不大，整體只是星期日到星期六的平均值皆增大，這一點很符合過去的認知，降雨會沖刷掉氣膠的濃度，所以如果把下雨的天排除掉，平均濃度會變大是可以預期的。但週間趨勢沒有改變這一點，值得深入討論，會在下一節進一步討論。

(2)懸浮微粒濃度與降雨量的合成分析

從上一節的結果得知，排除掉降雨對懸浮微粒(PM_{10})的影響之後，並沒有明顯改變懸浮微粒(PM_{10})的週間變化趨勢，只是讓其平均值普遍加大而已，細懸浮微粒($PM_{2.5}$)亦是如此。故本研究想要了解，當下雨之後，懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的變化，而環保署的測站除了監測懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)之外，同時也有監測時雨量，故可以進行懸浮微粒(PM_{10})與降雨量的合成分析(composite)，分析手法為 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下的天數，以天為單位，先找出當天最早的降雨時段，並依據其連續降雨若干小時來做分類(在此本研究只考慮一天當中的最早的降水，如果一天當中有多個時段降水，舉例來講早上 7:00~9:00 有降雨，而午後 13:00~18:00 也有降雨，那本研究依然把該天歸類在連續下雨兩小時的 group，而不會把其歸類在連續下五個小時的 group)，將其降雨時段與降雨前 6 小時與降雨後 24 小時個別進行平均(圖 4.25)，從圖中可以明顯看見，當有降雨的時候，懸浮微粒(PM_{10})的濃度明顯下降，隨後本研究感興趣的是其濃度隨時間的變化，大致可以看出在約降雨後的 20 小時前後其濃度已經恢復到原來還沒有下雨前的平均值；如果改為分析細懸浮微粒($PM_{2.5}$)與降水的合成分析(composite)(圖 4.26)，也可以得類似的結果，其濃度受到降雨後被稀釋下降，但大約也是在降雨結束後

約 20 小時會回歸到初始沒有受到降雨影響的濃度。

懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)對於降水的合成分析(composite)，可以得知前一天的降雨對於隔天的懸浮微粒與細懸浮微粒濃度影響不是很顯著，故在上一節的討論當中把降雨對於懸浮微粒的影響排除掉之後，其週間變化趨勢沒有顯著的改變。

(三)熱力因子

本研究的熱力因子將把焦點集中在透過探空資料後所得的對流可用位能(CAPE)與對流抑制能(CIN)，還有靜力穩定度與對流不穩定度，與地面測站的溫度與相對濕度等熱力參數，透過相對溼度與溫度進而再計算所得的水氣壓分量。

1.CAPE、CIN

本研究所使用的探空是板橋探空站 00UTC 的資料，受限於探空資料一天當中只有 00UTC 與 12UTC 兩筆，而本研究關注的焦點為午後雷陣雨，故本研究將選取 00UTC 的探空資料，而計算 CAPE 與 CIN 的氣塊則使用該天高度最低的一筆探空資料(高度約為 11 公尺)的溫度與露點來進行計算。透過上述方法進行 CAPE 與 CIN 的週間分析(圖 4.27)，可以看出平均對流可用位能(CAPE)大約有 $750 (m s^{-1})^2$ ，而對流抑制能(CIN)則只有約 $100 (m s^{-1})^2$ ，兩者相差了快一個數量級，而且在大多數的弱綜觀環境天數之下，普遍皆存在對流可用位能(CAPE)；而對流抑制能(CIN)出現的頻率則相對比 CAPE 來得較低。顯示出在 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，普遍對流可用位能(CAPE)偏高，最大值位在星期一，但是星期一卻是一週當中平均降雨強度最小的一天，而且對流抑制能(CIN)則在星期三有最大值，這一點與降雨的結果有些相反，不過具有很高的對流可用位能(CAPE)，並不一定代表一定也會有較強的降雨量，只是代表該環境大氣夠有足夠的潛力具有對流運動，但影響降雨的因素還甚多。

而整體平均對流可用位能(CAPE)的週間變化趨勢與平均溫度(圖 4.30a)頗為一致皆是呈現週末比起週間來的高。

對流抑制能(CIN)的週間變化(圖 4.27)，則是呈現週間比起週末還要更大，最大值位在星期三，次大值位在星期六，這點與降雨強度的結果有些相反，但相比於



CAPE，其 CIN 值皆小於 CAPE，故儘管有相對較大的 CIN，也不能代表不有利於降雨。

2. 靜力穩定度、對流不穩定度

為了進一步了解該環境的不穩定度，本研究將分析靜力穩定度與對流不穩定度，但考量到每天的探空資料高度皆不同，為了要把高度統一，故將把原始板橋 00UTC 的探空資料先線性內插成每一百公尺一筆資料。

靜力穩定度即是計算 Brunt-Väisälä frequency N^2 ，如果 N^2 大於 0 表示靜力穩定；等於 0 表示靜力中性；小於 0 表示靜力不穩定，其數學表達式為：

$$N^2 = g \times \left(\frac{d \ln \theta}{dz} \right) \dots \dots \dots (4.1)$$

本研究將(4.1)式改成差分式：

$$N^2 = g \times \left(\frac{\ln \theta - \ln \theta_0}{z - z_0} \right) \dots \dots \dots (4.2)$$

其中令 θ_0 與 z_0 為參考面的位溫與高度，其參考面將取板橋局屬站的位溫與其海平面高度(約為 10 公尺)，透過(4.2)式計算高度 100、300、500、1000 及 2000 公尺的靜力穩定度，並且對其進行週間分析(圖 4.28a)，除了 100 公尺高度層之外，其他高度層的每一天其 Brunt-Väisälä frequency N^2 皆大於 0，代表整體在 100 公尺高度以下的低層大氣是靜力不穩定，越上層之後其皆是靜力穩定的大氣。同時發現 100 公尺高度層的靜力穩定度其數值大小比其他高度層來的更大，也具有比較明顯的週間變化，最小值位在星期三，最大值則是在星期二。越高層的大氣，其靜力穩定度的週間變化越來越不明顯。如果改看位溫隨高度的變化(圖 4.29a)，可以看見在 100 公尺以下的大氣為溫隨高度明顯遞減，而在約 80 公尺的高度之後位溫將逐漸遞增。說明了高度 300、500、1000、2000 公尺高度皆是靜力穩定。

如果考量到水氣的影響，那就要改為分析對流不穩定度。而對流不穩定度 (Convective Instability, CI) 即是計算相當位溫隨高度的變化。其數學表達式為：

$$CI = \frac{d\theta_e}{dz} \dots \dots \dots (4.3)$$

同樣地，如果 CI 大於 0 表示對流穩定；等於 0 表示對流中性；小於 0 表示對流不



穩定本研究將(4.3)式改成差分式：

$$CI = \frac{\theta_e - \theta_{e0}}{z - z_0} \dots \dots \dots (4.4)$$

其中令 θ_{e0} 與 z_0 為參考面的相當位溫與高度，其參考面也取板橋局屬站的相當位溫與其海平面高度(約為 10 公尺)，利用(4.4)式同樣計算高度 100、300、500、1000 及 2000 公尺的對流不穩定度，並且對其進行週間分析(圖 4.28b)，發現 100 公尺高度的變化也是比高層更為顯著，且最小值依舊在星期三，一定程度說明了週三平均強降水的可能來源。而改看相當位溫隨高度的變化(圖 4.29b)可以知道整體大氣皆是對流不穩定，並且星期三在 300 公尺以下其相當位溫隨高度遞減率也是七天之中最大的。

3.溫度、相對濕度、混合比、水氣壓

由本章第一節的分析結果，得知在本研究所定義的台北盆地都會區內有 12 個測站降雨具有明顯的週間變化趨勢，為了要了解其測站其他氣象參數的變化，同時也對熱力參數進行週間分析，其分析的時間皆為 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下午前一小時(11:00~12:00)。其溫度的週間變化(圖 4.30a)大致上為週間小於週末，不過星期三則有一相對星期二與星期四的極大值，而星期四會有最小值推測因為星期四的懸浮微粒(PM_{10})(圖 4.18)與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)(圖 4.20)濃度皆為最大值，懸浮微粒的對於太陽輻射的直接效應，阻擋了其太陽輻射熱能來源，促使溫度變低。而相對溼度的週間變化(圖 4.30b)，則是與溫度的週間變化大致呈現反向位趨勢，在固定水氣量之下，溫度越高其飽和水氣壓越大，故會使相對濕度越小。而有鑑於自動氣象站沒有直接觀測混合比與實際水氣壓，故透過溫度與相對溼度計算而得，將使用 Bolton(1980)的飽和水氣壓近似式：

$$e_s = 6.112 \times \exp\left(\frac{17.67 \times T}{243.5 + T}\right) \dots \dots \dots (4.5)$$

其中 e_s 的單位是 mb；溫度 T 的單位是 $^{\circ}C$ 。而相對溼度即是實際水氣壓除以飽和水氣壓再乘上 100%，其數學表達式為：

$$RH = 100 \times \frac{e}{e_s} \dots \dots \dots (4.6)$$



可以結合(4.5)式與(4.6)式可以得下列式子：

$$e = e_s \times \frac{RH}{100} = 6.112 \times \exp\left(\frac{17.67 \times T}{243.5 + T}\right) \times \frac{RH}{100} \dots \dots \dots (4.7)$$

透過(4.7)式可以由溫度與相對溼度求得實際水氣壓 e ，其單位為 mb 。最後使用混合比的近似式：

$$r = 0.622 \times \frac{e}{p - e} \dots \dots \dots (4.8)$$

使用氣壓 p 再帶入(4.8)式來計算混合比大小。週間分析而得到的平均混合比(圖 4.30c)與水氣壓(圖 4.30d)變化趨勢則相同，而最大的前兩天分別是星期六與星期一，這點與平均降雨強度剛好相反，星期六與星期一反而是一週當中降雨強度最小的兩天；而星期三與星期日與星期五在一週之中相對較小值，推測可能原因可能是降雨前水氣大多已成雲在高空，故導致地面測站所觀測到的混合比與水氣壓分量較小。不過熱力參數的變化都較小，需要下一章節進行統計檢定方可知曉其差異是否足夠顯著。

(四)動力因子

影響午後雷陣雨的動力因子有地形效應、風切、海風分量等等，本研究將著重在垂直風切與海風分量的週間變化分析。

1.垂直風切

一般來講雷雨胞不容易在強風切的環境下生成，較大的風切容易使對流胞破碎無法有效發展。本研究使用板橋 00UTC 探空資料來進行垂直風切週間分析(圖 4.31)，其中分析了 2000 公尺的風切，其代表低對流層大氣的垂直風切，最大值是在星期四；最小值在星期六，其變化趨勢不甚顯著，星期三與星期日的量值大致相同。而 4000 公尺的風切則代表中低對流層的垂直風切，其變化與 2000 公尺的風切來相比，顯得更沒有週間變化，最大值位在星期一。而 6000 公尺則是中對流層垂直風切，其最大值又回到星期四，但整體七天的差異值更不顯著，週間變化不明顯。

2.海風

最直接影響台北盆地的海風，為淡水河口的海風與基隆河口的海風，故選用淡水局屬站與基隆局屬站的風向風速資料，同時因為該兩測站地理位置就位在出海口，故更能表顯出該兩出海口的海風分量。風場會受到大環境綜觀風場的影響，故本研究把彭佳嶼測站的風場當作北台灣綜觀環境的風場，扣除掉大環境綜觀風場才能表現出該局部風場的真實特徵。且其著重在海風分量，故要計算的為投影到垂直海岸線的風分量，其中淡水河口的風向取約方位角 310 度(約西北西風方向)；基隆河口的風向取約方位角 20 度(約北北東風方向)。

(1)淡水河口海風、基隆河口海風

透過上敘分析手法，對淡水局屬站與基隆局屬站的風場扣除掉彭佳嶼的風場之後，進行 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下海風分量的週間分析，可以看出淡水河口海風分量具有明顯的週間變化趨勢(圖 4.32a)，週間小於週末，其中星期三為最小值，星期一為最大值，推測原因可能是因為台北盆地的溫度在週間較低溫，溫度梯度較小所以導致週間海風分量較小。而基隆河口海風分量則沒有明顯的週間變化(圖 4.32b)，推測原因可能是因為基隆局屬站的位置在基隆港口比較內側，且基隆出海口前面還有和平島的阻礙，同時基隆市之都市化程度較台北市來得低，故看不見明顯的週間變化訊號，但其量值明顯大於淡水河口海風。

(2)海溫對於海風分量大小影響

為了要說明為何基隆測站的海風分量會比淡水測站來的更大，將分析海平面溫度(sea surface temperature, SST)，該海平面溫度的資料取自氣象局海象預報中心，其觀測測站為淡水潮位站與基隆潮位站(其兩潮位站的測站分布位置與氣象局的淡水局屬站與基隆局屬站相距約只有 1 公里，故整體而言仍然可以分別代表淡水河口與基隆河口個別的海平面溫度。)。分析該兩站的海平面溫度(SST)週間變化(圖 4.33)，該兩測站的海平面溫度並沒有其明顯的週間變化趨勢，但是很明顯的是基隆潮位站的海平面溫度明顯高出淡水潮位站的海平面溫度約 2 °C，這點說明了基隆河口的海風分量比起淡水河口來的更大。



第五章 週間分析的統計檢定

上一個章節以懸浮粒子、熱力因子、動力因子來討論個別氣象參數的週間變化，本章節將對這些氣象參數進行統計檢定，用以確定該氣象參數的週間差異是否足夠顯著，而統計檢定將採用 Z 檢定法，因為 Z 檢定法適用在樣本數大於 30 筆的情況，並且已知母體標準差，並且最後計算 p 值，如果 p 值小於 0.05 則表示通過 95% 的顯著水準，詳細說明請見第二章之(三)分析方法之 Z 檢定。而檢定的兩個樣本分為週間與週末差異值檢定，檢定的氣象參數有降雨強度、懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、溫度、相對溼度、水氣壓、CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定度、垂直風切、海風分量。其中 CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定度、垂直風切因為皆是由板橋探空站所計算而得，而海風分量本研究只分析淡水測站與基隆測站，故將統計檢定結果呈現在表 6。

(一)週間與週末差異值統計檢定

本研究將「週間」定義為星期三；而「週末」定義為星期六，將週間分析後這兩天個別的平均值其差異值進行 Z 統計檢定，信心水準為 95%，分別對個別測站平均降雨強度、溫度、相對溼度、水氣壓分量、懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})這六個氣象參數進行統計檢定(圖 5.1-圖 5.6)，其中平均降雨強度有通過統計檢定的測站數目也佔不少，其中台北局屬站、永和、三重、新莊、大直、內湖與山佳等測站降雨強度有明顯週間變化之測站有通過統計檢定。

而溫度的統計檢定(圖 5.2)則是全部的測站皆沒有通過統計檢定，可能是溫度在週間裡面的星期三其溫度反而較高有關聯。而相對溼度(圖 5.3)與水氣壓(圖 5.4)則皆只有兩個測站有通過，分別是蘆洲測站與五股測站，但只有蘆洲測站的降雨強度具有週間趨勢。該四個熱力氣象參數整體在星期三與星期六差異值統計檢定上通過情況並不盡理想。這其中的可能性是對於夏季(6~8 月)來講，普遍皆為炎熱的天氣，所以熱力參數的差異將不隨週間有顯著的差異。而探空所得的參數 CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定普遍都沒有通過統計檢定(表 6)，唯獨 300~500 公尺高度層的對流不穩定度有通過統計檢定。

懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})的統計結果(圖 5.5 與圖 5.6)也是全部環保

署測站皆沒有通過統計檢定，推測原因是星期六的微粒濃度不低，其中同樣屬於週末的星期六與星期日其微粒濃度相差甚大，主要微粒最小值是在星期日而非星期六。

垂直風切只有最低 2000 公尺高度層有通過統計檢定(表 6)，而不論淡水海風或者基隆海風皆也無通過檢定，由此可知動力因子的影響較不明顯。

而如果定義週六為「週末」，那同時也要考量到星期日也是「週末」。故本研究也對於星期三與星期日的差異值進行統計檢定，所得其平均降雨強度結果(圖 5.7a)則通過的測站也亦不在少數，表示週間的平均降雨強度確實比起週末，不論是星期六或者是星期日都還來的更大。

熱力參數的檢定結果，不論溫度(圖 5.7b)、相對濕度(圖 5.7c)、水氣壓分量(圖 5.7d)皆是幾乎全部測站皆沒有通過，也就是週末該兩天，其熱力環境與週間星期三相比差異不大。而 CAPE 與 CIN 皆未通過，有通過的則有 300~500 與 500~1000 公尺高度的對流不穩定度與 500~1000 公尺的靜力穩定度(表 6)。

懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的統計檢定情況(圖 5.7e 與圖 5.7f)則是懸浮微粒(PM_{10})大多數測站有通過統計檢定，但比起一週之中最大值與最小值的差異值的所有測站皆通過統計檢定來講，有三個測站沒有通過統計檢定，但整體來講有通過檢定的測站遠多於沒有通過的測站。而細懸浮微粒($PM_{2.5}$)則只有三個測站有通過統計檢定，分別是新莊、三重、中山測站，這三者同時在懸浮微粒(PM_{10})也都有通過統計檢定。

經由上述的分析，目前可以確定星期三與週末兩天星期六與星期日在熱力參數上差異不大，垂直風切、淡水與基隆海風皆未通過統計檢定，也顯示週三與週日動力參數上差異不大，主要的差異是懸浮粒子參數。

(二)其他天數差異值統計檢定

在本章(一)之中，本研究定義週間為星期三；週末為星期六，如果改用星期三前後兩天，也就是平日星期一到星期五該五天之中的中間三天，即是星期二、星期三與星期四的平均值代表週間，而一般放假日星期六與星期日的平均值代表週末，進一步進行統計檢定，其平均降雨強度(圖 5.8a)通過統計檢定情況並不理想，這可

能與星期二與星期四把週間降雨強度拉低有所關連，多數測站的平均降雨強度在星期二與星期四其值通常比起星期三來的小許多，也就是週間的平均降雨強度主要是由星期三貢獻；而週末的星期日，其降雨強度也不如星期六來的更小，故會把週間的降雨強度稍微拉高，進而使週間與週末的差異值不佳顯著。

熱力參數的部分，溫度的統計檢定結果(圖 5.8b)其有通過檢定且位在本研究所定義都會區之內的測站數量有 6 個，比起單純只看星期三與星期六的差異值的結果稍好，推測原因是因為星期二與星期四的溫度通常是最小的兩天，把週間的溫度拉低，至於星期六與星期日的溫度皆高，則兩者大小接近，故影響應該不大。而相對溼度(圖 5.8c)與水氣壓分量(圖 5.8d)則通過情況也不盡理想。

懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的統計檢定結果(圖 5.8e 與圖 5.8f)則是前者的情況較為良好，因為大多數的測站星期三與星期四會是最大值，而星期日會是明顯最小值，故大多數測站有通過統計檢定。但後者的情況不甚優良，大多數測站最小值仍在星期日，但是星期六的值通常也不低，故把週末平均值拉高，促使檢定通過情況並不良好。

第六章 雨量與其他參數空間上的相關性



前面的章節，大多針對時間上的變化著手，如果要進一步了解其降雨時候的環境，可以分析平均降雨與其他氣象參數的空間上的變化，但有鑑於環保署測站與氣象局測站位置分布不同，在懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)上不方便在空間上做比較，為了要統一，故一律先使用 Cressman(1959)權重函數將原始測站個別資料轉換成水平網格資料，解析度同樣是 1 公里，將使用網格資料來進行空間上的迴歸分析，而本研究鎖定在台北都會區，故分析的網格資料將只選取本研究所定義的台北都會區之內的網格點來進行迴歸分析，同時計算個別每一天的相關係數，並同時繪製成週間圖。

(一)散佈圖迴歸分析

1.建築物百分比

為了要了解台北盆地內降雨空間上的分布，檢視其降雨是否有比較密集集中在都會區，將使用平均降雨強度網格資料與建築物百分比資料進行迴歸分析(圖 6.1a-圖 6.1h)，發現不論哪一天，降雨強度與建築物百分比皆呈現正相關，故大致可以得知建築物分布越多的地方，其平均降雨強度將越大。推測可能原因為都市人為活動，導致熱島效應使溫度上升，環境溫暖使大氣環境較為不穩定，更導致強降雨的發生。

2.懸浮粒子參數

懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)在空間上與降雨強度的分布(圖 6.2a-圖 6.2h 與圖 6.3a-圖 6.3h)，懸浮微粒(PM_{10})的星期一(圖 6.2b 與圖 6.3b)呈現較大的負相關之外，其中星期一為何會呈現負相關，可能是因為星期一的強降雨大多發生在山區而非都會區，但都會區的懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)不論在一週七天之中皆是明顯為都會區遠大於山區，故導致星期一的相關性變成負相關。

3.熱力參數

溫度與降雨在空間上的分布(圖 6.4a-圖 6.4h)，則是大致呈現正相關趨勢，則是七天皆是正相關。而該七天的相關係數大多至少大於 0.3，也就是呈現中度正相關

的趨勢。

其餘熱力參數，不論是相對濕度、實際水氣壓、混合比、露點溫度與降雨強度的相關性(圖 6.5-圖 6.8)皆為負相關，而且其負相關係數最小可達到-0.6，其平均的負相關趨勢明顯比建築物百分比、懸浮微粒與細懸浮微粒及溫度的正相關趨勢來的更為顯著(相關係數絕對值大小)。其中實際水氣壓、混合比、露點溫度該三者的相關係數趨勢為一致，有相對越強的降雨出現的地方，其午前一小時的實際水氣壓、混合比、露點溫度這類評估水氣含量的參數反而越小，根據的 Lin et al.(2010)研究指出，建築物越密集的地方，因為都市熱島效應而使其為一個較高溫且乾燥的中心，不利於海風把水氣向都會區中心傳入，而從圖 6.1 當中可以得知普遍平均降雨強度跟建築物百分比在空間上為正相關分布，故得知平均降雨強度反而與水氣含量呈現負相關。

(二)相關係數週間分析

上一節當中計算了平均降雨強度與其他氣象參數的相關係數，本節將把這些相關係數改繪製成週間圖，以清楚呈現其在空間上與平均降雨強度的相關性。有鑑於相同的相關係數在樣本數目不同的時候，其所代表的意義可能會不同，當同樣的樣本數目的時候，如果相關係數越大，表示該兩者的相關性越強；但如果不同樣本數目的時候，同樣的相關係數可能代表的意義並不相同，本研究所定義的台北都會區內共計有 295 個網格點，也就是樣本數為 295。對每一個相關係數進行 t 檢定，信心水準取 95%，檢驗其相關係數是否足夠顯著。詳細說明可以參考第二章之(三)分析方法之 t 檢定。

平均降雨強度與建築物百分比其空間上相關係數週間圖(圖 6.9)，其相關係數最大值位在星期六，其值約為 0.405；最小值則位在星期一，其值約為 0.216。相關係數其中星期日、星期三、星期五、星期六其值皆大於 0.3，為中度正相關。且該七天相關係數顯著性的 t 統計檢定，為週日到週六全部天數的相關係數都通過統計檢定，儘管這些相關係數的大小不是如此之大，但因為樣本數目夠多，促使其相關係數皆有一定的代表性。

懸浮微粒(PM₁₀)與細懸浮微粒(PM_{2.5})在空間上與降雨強度的相關係數週間圖



(圖 6.10a 與圖 6.10b)，其中比較特別的為相關係數最大值是在星期二，但其實星期二的平均降雨是相對來說較小的，不過此相關係數僅能判別在「空間上」變化的一致性，儘管相關係數較大，是表示空間上的變化一致，不能表示其降雨強度真實的大小。而七天之中星期五接近無相關，且其 t 統計檢定顯示該相關係數不具代表性，而負相關的有星期一與星期日，其中不論星期日到星期六哪一天，其懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)在空間上皆是在台北盆地中心接近環保署三重測站附近有其極大值，但是星期一(圖 3.4b)正好在台北盆地中心平均降雨強度較小，相對在台北盆地西南方接近樹林區一帶的山區有較強的平均降雨強度，但該地點已遠離台北都會區，懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)在此濃度皆不高，故使其在空間上的相關性變成負相關。

平均降雨強度與溫度、相對溼度、水氣壓、混合比、露點溫度等熱力參數的相關係數週間圖(分別圖 6.11a~圖 6.11e)，其中只有與溫度的相關係數大致呈現正相關趨勢，一定程度說明了午前一小時的溫度越高，相對越亦有降水產生，至於其他熱力參數(相對溼度、水氣壓、混合比、露點溫度)，都是用以衡量水氣含量的氣象參數，皆是與平均降雨強度明顯地呈現負相關的趨勢，推測原因是因為當該地要產生降雨之前，午前一小時(11:00~12:00)大多數水氣已經被帶往高空成雲準備降雨，故大多數近地面的水氣已被帶往高空，故使地表水氣含量降低。而且其負相關係數絕對值皆明顯大於先前討論過的建築物百分比、懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)所得的正相關係數。

第七章 結論與未來展望

本研究使用每日氣象局 00UTC 之地面天氣圖與 GMS 衛星雲圖來從嚴篩選出台灣北部 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之天數，再將該天數分割成星期日到星期六共計 7 個互相獨立之樣本來進行週間分析，而其中該 7 個樣本天數大約皆是 110 天左右，不會有哪一個樣本天數特別多之現象。使用中央氣象局地面觀測站逐時之午後六小時(12:00~18:00)雨量資料進行客觀分析製成水平網格資料，分析該為期 17 年台北盆地都會區弱綜觀環境之下之雨量空間上的週間變化，之後並使用中鼎工程顧問公司之建築物百分比資料定性定義出本研究的台北都會區範圍，將分析範圍從整個大台北地區集中到台北盆地。進一步對該地區之個別測站分析其午後降雨之週間變化，並使用氣象局五分山雷達其時間與空間高解析度之回波資料，確認其與降雨週間變化為一致，最後使用台灣電力公司提供之時間上高解析度之閃電資料，分析其午後對流之閃電時空週間分布情況。

為了釐清其可能的降雨來源機制，將分析降雨前一小時(11:00~12:00)之其他氣象參數變化，本研究將分成三個因子著手，第一個為懸浮粒子，分析的參數為環保署個別測站之懸浮微粒(PM_{10})與細懸浮微粒($PM_{2.5}$)；第二個為熱力因子，分析的參數有透過板橋探空站所得之 CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定度、氣象局個別測站之溫度、相對溼度、透過相對溼度與溫度與氣壓所計算而得之水氣壓分量與混合比；第三個為動力因子，分析的參數有透過板橋探空站所得之垂直風切、氣象局淡水局屬站與基隆局屬站之淡水河口與基隆河口的海風分量。

最後將對懸浮粒子、熱力因子參數與動力參數進行統計檢定，以確認其相差足夠顯著；同時也對其各項影響因子之氣象參數與降雨在空間上之分布進行迴歸分析，計算其相關係數確認該氣象參數與降雨在空間上分布的相關性。

以下將列出本研究所得數個主要結論如下：

(一)結論

- 1.使用氣象局測站經過客觀分析後的午後(12:00~18:00)平均逐時降雨強度與平均逐日降雨強度在空間上極大值分布頗為一致皆是在台北盆地中心偏南邊一點的位置。且其平均降雨強度最大值位在星期三，次大值位在星期五；最小值落

在星期一；次小值落在星期六。且大致為週間的平均降雨強度大於週末的平均降雨強度。

- 2.透過分析台北盆地內個別氣象局地面測站午後平均降雨強度，大部分的測站確實有週間變化，尤其越靠近盆地中心的測站更為明顯，而最大值大多落在星期三；最小值大多落在星期一。在本研究所定義之台北都會區之外的地方，也有部分測站午後降雨具有週間變化趨勢，但數量相對較少。
- 3.如果改為 1999~2015 年夏季(6~8 月)所有天數，這樣分析出來的週間變化將非常不明顯，而台北夏季弱綜觀環境之下，其主要降雨來源就是午後熱對流，故也表示出台北的午後熱對流降雨確實有其週間變化性。
- 4.透過五分山雷達高解析度的資料，其回波值的週間變化與降雨頗為一致，透過對流降水之 Z-R 關係式換算後所得之平均降雨強度也與觀測站所得之降雨強度週間變化一致。
- 5.環保署的懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)午前一小時(11:00~12:00)平均濃度，也具有週間變化趨勢，最大值大致位在星期三與星期四，最小值皆落在星期日。
- 6.透過懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)與降雨的合成分析(composite)，當降雨發生時因雨水沖刷稀釋作用使其濃度會明顯下降，當降雨事件結束後約 20 個小時後其懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的濃度會再次恢復原本還未受到雨水沖刷前的濃度。排除掉降水對於懸浮微粒(PM_{10})、細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的影響，弱綜觀環境下其午前一小時(11:00~12:00)的週間濃度不會有明顯的變化。
- 7.熱力參數的週間變化，其中靜力穩定度與對流不穩定度最小值皆位於星期三，溫度也有細微的週間變化，大致為週間小於週末，但在星期三有個局部極大值，相對溼度的週間變化則與溫度變化大致反相位，為週間大於週末。而 CAPE 的週間變化大致也與平均降雨強度相反，反而 CIN 的週間變化與平均降雨強度較為一致。
- 8.動力參數的週間變化，板橋探空的垂直風切，只有 2000 公尺低對流層的垂直風切有微小的週間變化，4000 與 6000 公尺的風切週間變化並不顯著。淡水河口海風分量也具有週間變化，為週末大於週間；但基隆河口的海風變化沒有明顯

的週間變化。基隆河口的海風其平均值大於淡水河口海風，推測原因為淡水河口的海溫明顯低於基隆河口的海溫。

9. 如果使用星期三與星期六的差異值或者星期三與星期日的差異值來代表週間的顯著性，則台北都會區內有大部分測站其午後六小時(12:00~18:00)的平均降雨強度差異值有通過 95%信心水準之 Z 統計檢定，顯示台北都會區內之午後雷陣雨確實有週間變化。在 100 公尺高度之下靜力穩定度與 500 公尺高度下的對流不穩定度的最大值與最小值的差異值也有通過統計檢定。
10. 分析午後雷陣雨與其他氣象參數在空間上的相關性，其中與建築物百分比、懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、溫度大致呈現正相關性；與相對溼度、混合比、水氣壓、露點溫度則呈現負相關性，建築物越密集的地方，因為都市熱島效應而使其為一個較高溫且乾燥的中心，不利於海風把水氣向都會區中心傳入，而從當中可以得知普遍平均降雨強度跟建築物百分比在空間上為正相關分布，故得知平均降雨強度反而與水氣含量呈現負相關。
11. 綜合以上結果，本研究目前推論星期三較強的降雨強度，主要是由懸浮粒子當中的懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})與熱力因子當中的靜力穩定度與對流不穩定度所主導而成。

(二)未來展望

本研究針對台北都會區午後雷陣雨的週間變化進行分析，同時也對其他氣象參數進行週間分析，藉此開拓人們對於週間變化這一塊未知領域的認識與了解，由此研究使人們可以了解到人為活動如何影響天氣現象的發展。對於星期三有較大平均降雨強度目前的初步結論認為是懸浮粒子(懸浮微粒(PM₁₀)與細懸浮微粒(PM_{2.5}))與熱力因子(靜力穩定度與對流不穩定度)的貢獻可能相對比較大，但因為其熱力參數的週間變化不如懸浮粒子來的結果一致且變化明顯。還有懸浮粒子參數的分析，不單只侷限在懸浮微粒(PM₁₀)、細懸浮微粒(PM_{2.5})兩者，大氣中的氣膠種類為數眾多，可能有牽連到一些大氣物理化學與雲物理等過程，這些都是本研究暫時沒有去深入討論的。同時懸浮粒子、熱力因子、動力因子也可能會互相影響彼此，這三者並非完全獨立。

而本研究的台北盆地都會區定義略有簡化，在空間上尚有包含部分非都會區範圍，都會區的界定尚有許多不同的條件與方法，而且一個地方的是否為都會區也隨時間而改變，原本是都會區的地方也可能因為自然災害或者產業結構的改變而沒落；原本不是都會區的地方也可能因人為開發而湧入更多人入住而成為新的都會區。

人類活動比起大自然的變化更加複雜且不具規則，目前也尚未了解為何在週間當中，會是在星期三與星期四的氣膠濃度最高，想了解該問題，還可能要掌握更多交通車的廢氣排放資訊，甚至工廠廢氣排放資訊，同時也可能與各種氣膠在環境中的生命期(lifetime)有關連，才有可能進一步釐清該問題。

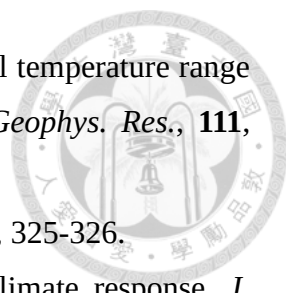
台灣的都會區不只有大台北，尚有另外四個直轄市(高雄市、台南市、台中市、桃園市)，其都市化程度也將日益顯著，故可以預期這另外四大都會區也可能存在氣象參數的週間變化。未來也可考慮試著分析這四大都會區的週間變化，與台北都會區進行比較，台灣因空間尺度不大，故有可能都會區與都會區之間會有某些程度的互相影響性，如果要把台灣地區的週間效應做個更全面的了解，勢必要對其他都會區也進行深入地週間討論。

參考文獻

- 王茲燁，2011：台灣三大都會區氣象參數之週末效應。國立嘉義大學史地學系碩士論文。
- 林偉婷，2012：都市氣膠成為雲凝結核之特性探討。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文。
- 張永旺、江建良，2003：商用統計學。普林斯頓國際有限公司，第二版，251~292,365~397。
- 陳孟秋，2012：台灣六大地區氣象參數之週末效應。國立嘉義大學史地學系碩士論文。
- 陳柏榮、洪景山，2015：臺灣電力公司閃電資料特徵分析。大氣科學，**43(4)**，285-299。
- 曾子弋，2014：閃電之定位與誤差模擬:雷達干涉法與時間差法之分析與研究。國立中央大學太空科學研究所碩士論文。
- 談珮華、周佳、梁靜宜、吳柏霖，2008：台北都會區的假期效應。大氣科學，**36**，197~213。
- 顏亦堅，2010：都會效應對台北夏季午後降水的影響。私立中國文化大學地學研究所碩士論文。
- 龔道溢、郭棟、羅勇，2006：中國夏季日降水頻次的週末效應。氣候變化研究進展，**2(3)**: 131-134。
- Ackerman, A.S., O.B. Toon, D.E., Stevens, A.J. Heymsfield, V. Ramanathan, and E.J. Welton, 2000: Reduction of tropical cloudiness by soot. *Science*, **288**, 1042-1047.
- Albrecht, B. A. 1989: Aerosols, Cloud Microphysics, and Fractional Cloudiness. *Science*, **245(4923)**, 1227-1230.
- Ashworth, J. R., 1929: The influence of smoke and hot gases from factory chimneys on rainfall. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **55**, 341–350.
- Barnet, P., T. Kuster, A. Muehlbauer, and U. Lohmann 2009: Weekly cycle in particulate matter versus weekly cycle in precipitation over Switzerland, *J. Geophys. Res.*, **114**, D05206, doi:10.1029/2008JD011192.
- Baumer, D., and B. Vogel, 2007: An unexpected pattern of distinct weekly periodicities in climatological variables in Germany. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L03819,

doi:10.1029/2006GL028559.

- Bell, T. L., D. Rosenfeld, K.-M. Kim, J.-M. Yoo, M.-I. Lee, and M. Hahnenberger, 2008: Midweek increase in U.S. summer rain and storm heights suggests air pollution invigorates rainstorms. *J. Geophys. Res.*, **113**, D02209, doi:10.1029/2007JD008623.
- Bell, T. L., D. Rosenfeld, and K.-M. Kim 2009: Weekly cycle of lightning: Evidence of storm invigoration by pollution, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L23805, doi:10.1029/2009GL040915.
- Bell, T. L., J.-M. Yoo, and M.-I. Lee 2009: Note on the weekly cycle of storm heights over the southeast United States, *J. Geophys. Res.*, **114**, D15201, doi: 10.1029/2009JD012041.
- Bolton, D. 1980: The computation of equivalent potential temperature. *Mon Weather Rev*, **108**:1046–1053
- Cervený, R. S., and R. C. J. Balling, 1998: Weekly cycles of air pollutants, precipitation and tropical cyclones in the coastal NW Atlantic region. *Nature*, **394**, 561–563.
- Charlson, R. J., and Pilat, M. J. 1969: Climate: The Influence of Aerosols. *Journal of Applied Meteorology*, **8**, 4.
- Chen, T. -C., S. -Y. Wang, and M. -C., Yen, 2007: enhancement of afternoon thunderstorm activity by urbanization in a valley: Taipei. *J. Appl. Meteor.*, **46**, 1324-1340.
- Coakley, K. J., 2000: The warmest day of any week tends to occur on the first or last day of that week. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 273–283.
- Cotton, W. R., and R. A. Pielke, 1996: Human impacts on weather and climate. Cambridge, University Press, 288.
- Cressman, G. P., 1959: An operational objective analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, **87**, 367-374.
- DeLisi, M. P., A. M. Cope, and J. K. Franklin, 2001: Weekly precipitation cycles along the northeast corridor? *Wea. Forecasting*, **16**, 343–354.
- Dessens, J., R. Fraile, V. Pont, and J. L. Sa´nchez, 2001: Day-of-the-week variability of hail in southwestern France. *Atmos. Res.* **59–60**, 63–76.
- Forster, P. M. D., and S. Solomon, 2003: Observations of a weekend effect in diurnal temperature range. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **100**, 11 225–11 230.
- Fujibe, F. 1987: Weekday-weekend differences of urban climates. Part 1: temporal variation of air temperature and other meteorological parameters in the central Daito of Tokyo. *J. Meteor. Soc. Japan* **65**, 923-929.

- 
- Gong, D.-Y., D. Guo, and C.-H. Ho, 2006: Weekend effect in diurnal temperature range in China: Opposite signals between winter and summer. *J. Geophys. Res.*, **111**, D18113, doi:10.1029/2006JD007068.
- Gordon, A. H. 1994: Weekdays warmer than weekends? *Nature*, **367**, 325-326.
- Hansen, J. M. Sato, and R. Ruedy, 1997: Radiative forcing and climate response, *J. Geophys. Res.*, **102**, 6831-6864.
- Haywood, J., and O. Boucher, 2000: Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: a review. *Rev. Geophys.* **38**(4), 513-543.
- Ho, C.-H., Y.-S. Choi, and S.-K. Hur 2009: Long-term changes in summer weekend effect over northeastern China and the connection with regional warming, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L15706, doi:10.1029/2009GL039509.
- Huff, F., and S. Changnon Jr., 1972: Climatological assessment of urban effects on precipitation at St. Louis. *J. Appl. Meteor.*, **11**, 823-842
- Kim, K.-Y., R. J. Park, K.-R. Kim, and H. Na 2010: Weekend effect: Anthropogenic or natural? *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L09808, doi:10.1029/2010GL043233.
- Koralegedara, S. B., C.-Y. Lin, Y. F. Sheng, C. H. Kuo, 2016: Estimation of anthropogenic heat emissions in urban Taiwan and their spatial patterns. *Environmental Pollution*, **215**, 84-95.
- Li, Z., F. Niu, J. Fan, Y. Liu, D. Rosenfeld, and Y. Ding 2011: The long-term impacts of aerosols on the vertical development of clouds and precipitation, *Nat. Geosci.*, **4**, 888-894
- Lin C.-Y., Chen W.-C., Chang P.-L., Sheng Y.-F. 2011: Impact of urban heat island effect on the precipitation over complex geographic environment in northern Taiwan. *J Appl Meteorol Clim* **50**:339-353.
- Lin, C.-Y., C.-J. Su, H. Kusaka, Y. Akimoto, Y. F. Sheng, J. C. Huang, H. H. Hsu, 2016: Impact of an improved WRF-urban canopy model on diurnal air temperature simulation over northern Taiwan. *Atmos. Chem. Phys.*, **16**, 1809-1822.
- Lohmann U. and J. Feichter, 2005: Global indirect aerosol effects: a review., *Atmos. Chem. Phys.*, **5**, 715-737.
- Marani M. 2010: The detection of weekly preferential occurrences with an application to rainfall. *J Climate* **23**:2379-2387. doi:10.1175/2009jcli3313.1
- Ramanathan, V., P.J. Crutzen, J.T. Kiehl, and D. Rosenfeld, 2001: Aerosols, climate and the hydrological cycle. *Science*, **294**, 2119-2124.

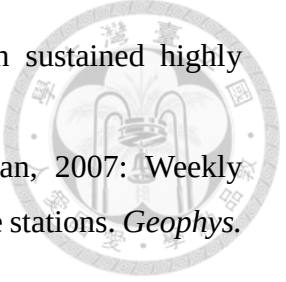
- 
- Rosenfeld, D., and W. L. Woodley 2000: Convective clouds with sustained highly supercooled liquid water down to -37°C , *Nature*, **405**, 440–442
- Schultz, D. M., S. Mikkonen, A. Laaksonen, and M. B. Richman, 2007: Weekly precipitation cycles? Lack of evidence from United States surface stations. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L22815, doi:10.1029/2007GL031889.
- Seinfeld, J. H., and Pandis, S. N. 1998: Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. *Wiley-Interscience*, 1326.
- Shutters, S., and R. C. Balling Jr. 2006: Weekly periodicity of environmental variables in Phoenix, Arizona, *Atmos. Environ.*, **40**, 304–310.
- Simmonds, I., and K. Keay 1997: Weekly cycle of meteorological variations in Melbourne and the role of pollution and anthropogenic heat release, *Atmos. Environ.*, **31**(11), 1589–1603.
- Tao, W.-K., Chen, J. P., Li, Z., and Zhang, C.: Impact of aerosols on convective clouds and precipitation, *Rev. Geophys.*, **50**, RG2001
- Twomey, S. 1974: Pollution and Planetary Albedo. *Atmospheric Environment*, **8**(12), 1251-1256.
- Warner, J. 1968: A reduction in rainfall associated with smoke from sugar-cane fires—an inadvertent weather modification? *Journal of Applied Meteorology*, **7**, 5.
- Xin, L., G. Recuter, and B. Larochelle, 1997: Reflectivity-rain rate relationship for convective rainshowers in Edmonton. *Atmos. Ocean*, **35**, 513–521.

表1 1999~2015年夏季弱綜觀環境所有天數(總共 773 天)

年	月、日	年	月、日	年	月、日	年	月、日
1999	0608	1999	0811	2000	0712	2001	0627
1999	0609	1999	0814	2000	0713	2001	0628
1999	0610	1999	0815	2000	0714	2001	0629
1999	0611	1999	0816	2000	0715	2001	0630
1999	0615	1999	0817	2000	0716	2001	0701
1999	0622	1999	0818	2000	0717	2001	0702
1999	0623	1999	0819	2000	0718	2001	0707
1999	0624	1999	0823	2000	0719	2001	0713
1999	0625	1999	0824	2000	0720	2001	0714
1999	0626	1999	0825	2000	0721	2001	0716
1999	0627	1999	0826	2000	0722	2001	0717
1999	0628	1999	0827	2000	0723	2001	0718
1999	0629	1999	0828	2000	0731	2001	0719
1999	0630	1999	0829	2000	0801	2001	0720
1999	0701	1999	0830	2000	0802	2001	0721
1999	0702	1999	0831	2000	0803	2001	0725
1999	0703	2000	0601	2000	0804	2001	0726
1999	0704	2000	0602	2000	0805	2001	0805
1999	0705	2000	0603	2000	0811	2001	0806
1999	0706	2000	0608	2000	0812	2001	0807
1999	0707	2000	0620	2000	0815	2001	0808
1999	0715	2000	0621	2000	0816	2001	0809
1999	0716	2000	0622	2000	0817	2001	0810
1999	0717	2000	0623	2000	0818	2001	0811
1999	0718	2000	0624	2000	0819	2001	0812
1999	0719	2000	0625	2000	0820	2001	0813
1999	0720	2000	0626	2000	0826	2001	0814
1999	0721	2000	0627	2001	0601	2001	0824
1999	0722	2000	0628	2001	0610	2001	0825
1999	0729	2000	0629	2001	0617	2002	0619
1999	0730	2000	0630	2001	0618	2002	0620
1999	0731	2000	0701	2001	0620	2002	0621
1999	0803	2000	0710	2001	0625	2002	0622
1999	0804	2000	0711	2001	0626	2002	0623



年	月、日	年	月、日	年	月、日	年	月、日
2002	0624	2002	0825	2003	0719	2004	0712
2002	0627	2002	0826	2003	0720	2004	0713
2002	0628	2002	0827	2003	0721	2004	0716
2002	0629	2002	0828	2003	0725	2004	0717
2002	0630	2003	0601	2003	0728	2004	0718
2002	0701	2003	0604	2003	0729	2004	0719
2002	0706	2003	0605	2003	0730	2004	0720
2002	0715	2003	0620	2003	0731	2004	0721
2002	0716	2003	0621	2003	0801	2004	0722
2002	0719	2003	0622	2003	0809	2004	0724
2002	0720	2003	0623	2003	0810	2004	0725
2002	0721	2003	0624	2003	0811	2004	0728
2002	0722	2003	0625	2003	0812	2004	0729
2002	0723	2003	0626	2003	0813	2004	0730
2002	0724	2003	0627	2003	0821	2004	0731
2002	0725	2003	0628	2003	0822	2004	0801
2002	0726	2003	0629	2003	0823	2004	0802
2002	0727	2003	0630	2003	0825	2004	0803
2002	0728	2003	0701	2003	0826	2004	0804
2002	0729	2003	0702	2003	0827	2004	0805
2002	0808	2003	0703	2003	0828	2004	0806
2002	0809	2003	0704	2003	0829	2004	0807
2002	0810	2003	0705	2003	0830	2004	0808
2002	0812	2003	0706	2004	0614	2004	0814
2002	0813	2003	0707	2004	0615	2004	0815
2002	0814	2003	0708	2004	0616	2004	0819
2002	0815	2003	0709	2004	0617	2004	0820
2002	0816	2003	0710	2004	0622	2004	0831
2002	0817	2003	0711	2004	0623	2004	0723
2002	0818	2003	0712	2004	0624	2005	0605
2002	0819	2003	0713	2004	0625	2005	0606
2002	0820	2003	0714	2004	0626	2005	0607
2002	0821	2003	0715	2004	0627	2005	0608
2002	0822	2003	0716	2004	0706	2005	0609
2002	0823	2003	0717	2004	0710	2005	0610
2002	0824	2003	0718	2004	0711	2005	0626



年	月、日	年	月、日	年	月、日	年	月、日
2005	0627	2006	0623	2006	0820	2007	0722
2005	0629	2006	0624	2006	0825	2007	0723
2005	0630	2006	0625	2006	0826	2007	0724
2005	0701	2006	0626	2006	0827	2007	0725
2005	0702	2006	0627	2006	0828	2007	0726
2005	0703	2006	0628	2006	0829	2007	0727
2005	0704	2006	0629	2006	0830	2007	0728
2005	0705	2006	0630	2006	0831	2007	0729
2005	0706	2006	0701	2007	0601	2007	0730
2005	0707	2006	0702	2007	0618	2007	0731
2005	0708	2006	0703	2007	0619	2007	0801
2005	0709	2006	0704	2007	0620	2007	0802
2005	0710	2006	0705	2007	0621	2007	0803
2005	0711	2006	0710	2007	0622	2007	0804
2005	0712	2006	0717	2007	0623	2007	0805
2005	0713	2006	0718	2007	0625	2007	0806
2005	0714	2006	0719	2007	0626	2007	0822
2005	0715	2006	0720	2007	0627	2007	0823
2005	0722	2006	0721	2007	0628	2007	0824
2005	0723	2006	0722	2007	0629	2007	0827
2005	0724	2006	0728	2007	0630	2007	0828
2005	0726	2006	0729	2007	0701	2007	0829
2005	0727	2006	0730	2007	0702	2007	0830
2005	0728	2006	0731	2007	0703	2007	0831
2005	0729	2006	0801	2007	0704	2008	0619
2005	0730	2006	0802	2007	0705	2008	0620
2005	0731	2006	0803	2007	0706	2008	0625
2005	0801	2006	0804	2007	0707	2008	0626
2005	0808	2006	0805	2007	0708	2008	0628
2005	0809	2006	0806	2007	0711	2008	0629
2005	0810	2006	0812	2007	0716	2008	0630
2005	0827	2006	0813	2007	0717	2008	0701
2005	0828	2006	0814	2007	0718	2008	0702
2006	0620	2006	0815	2007	0719	2008	0704
2006	0621	2006	0816	2007	0720	2008	0705
2006	0622	2006	0819	2007	0721	2008	0706



年	月、日	年	月、日	年	月、日	年	月、日
2008	0709	2009	0717	2010	0705	2010	0824
2008	0710	2009	0718	2010	0710	2010	0825
2008	0711	2009	0719	2010	0718	2010	0826
2008	0712	2009	0720	2010	0719	2010	0827
2008	0713	2009	0721	2010	0720	2010	0828
2008	0722	2009	0722	2010	0721	2011	0602
2008	0809	2009	0723	2010	0722	2011	0604
2008	0811	2009	0728	2010	0723	2011	0605
2008	0813	2009	0729	2010	0724	2011	0609
2008	0814	2009	0730	2010	0725	2011	0610
2008	0815	2009	0731	2010	0726	2011	0611
2009	0601	2009	0801	2010	0727	2011	0617
2009	0605	2009	0802	2010	0728	2011	0619
2009	0606	2009	0812	2010	0729	2011	0622
2009	0607	2009	0813	2010	0730	2011	0623
2009	0608	2009	0814	2010	0731	2011	0626
2009	0617	2009	0815	2010	0801	2011	0627
2009	0618	2009	0816	2010	0802	2011	0628
2009	0619	2009	0817	2010	0803	2011	0629
2009	0620	2009	0818	2010	0804	2011	0630
2009	0623	2009	0819	2010	0805	2011	0701
2009	0627	2009	0820	2010	0806	2011	0702
2009	0628	2009	0823	2010	0807	2011	0703
2009	0629	2009	0824	2010	0810	2011	0705
2009	0630	2009	0825	2010	0811	2011	0707
2009	0705	2009	0826	2010	0812	2011	0711
2009	0706	2009	0827	2010	0813	2011	0712
2009	0707	2009	0828	2010	0814	2011	0713
2009	0708	2009	0829	2010	0815	2011	0714
2009	0709	2009	0830	2010	0816	2011	0715
2009	0710	2009	0831	2010	0818	2011	0716
2009	0711	2010	0606	2010	0819	2011	0718
2009	0712	2010	0608	2010	0820	2011	0720
2009	0714	2010	0622	2010	0821	2011	0721
2009	0715	2010	0627	2010	0822	2011	0722
2009	0716	2010	0628	2010	0823	2011	0723



年	月、日	年	月、日	年	月、日	年	月、日
2011	0724	2012	0712	2013	0703	2013	0811
2011	0725	2012	0713	2013	0704	2013	0814
2011	0726	2012	0714	2013	0705	2013	0815
2011	0727	2012	0718	2013	0706	2013	0816
2011	0728	2012	0719	2013	0707	2013	0817
2011	0729	2012	0720	2013	0708	2013	0818
2011	0730	2012	0725	2013	0709	2013	0824
2011	0801	2012	0726	2013	0710	2013	0825
2011	0802	2012	0727	2013	0714	2014	0601
2011	0808	2012	0728	2013	0715	2014	0612
2011	0809	2012	0811	2013	0716	2014	0613
2011	0810	2012	0812	2013	0717	2014	0616
2011	0811	2012	0813	2013	0718	2014	0625
2011	0812	2012	0814	2013	0719	2014	0626
2011	0813	2012	0817	2013	0720	2014	0630
2011	0814	2012	0818	2013	0721	2014	0701
2011	0815	2012	0819	2013	0722	2014	0702
2011	0816	2012	0820	2013	0723	2014	0710
2011	0817	2012	0830	2013	0724	2014	0711
2011	0818	2012	0831	2013	0725	2014	0712
2011	0819	2013	0607	2013	0726	2014	0713
2011	0820	2013	0614	2013	0727	2014	0714
2011	0821	2013	0615	2013	0728	2014	0715
2012	0601	2013	0616	2013	0729	2014	0716
2012	0605	2013	0617	2013	0730	2014	0717
2012	0606	2013	0618	2013	0731	2014	0718
2012	0607	2013	0621	2013	0801	2014	0719
2012	0608	2013	0622	2013	0802	2014	0720
2012	0630	2013	0623	2013	0803	2014	0724
2012	0701	2013	0624	2013	0804	2014	0725
2012	0702	2013	0625	2013	0805	2014	0726
2012	0703	2013	0626	2013	0806	2014	0727
2012	0704	2013	0627	2013	0807	2014	0728
2012	0705	2013	0630	2013	0808	2014	0802
2012	0706	2013	0701	2013	0809	2014	0803
2012	0711	2013	0702	2013	0810	2014	0804



年	月、日	年	月、日
2014	0805	2015	0721
2014	0810	2015	0722
2014	0811	2015	0723
2014	0812	2015	0724
2014	0822	2015	0725
2014	0823	2015	0726
2014	0824	2015	0727
2014	0825	2015	0728
2014	0826	2015	0729
2014	0827	2015	0730
2014	0828	2015	0731
2014	0829	2015	0801
2014	0830	2015	0802
2014	0831	2015	0803
2015	0602	2015	0804
2015	0614	2015	0805
2015	0615	2015	0811
2015	0616	2015	0812
2015	0617	2015	0818
2015	0623	2015	0819
2015	0624	2015	0825
2015	0625	2015	0826
2015	0626	2015	0827
2015	0627	2015	0828
2015	0628	2015	0829
2015	0629		
2015	0630		
2015	0712		
2015	0713		
2015	0714		
2015	0715		
2015	0716		
2015	0717		
2015	0718		
2015	0719		
2015	0720		

表 2 1999~2015 年夏季弱綜觀環境所有天數週日到週六個別天數列表



	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	All
days	107	105	109	111	110	116	115	773

表 3 1999~2015 年夏季不分強弱綜觀環境所有天數週日到週六個別天數列表

	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	All
days	224	223	224	223	223	224	223	1564

表 4 台北市與新北市地區所有氣象局測站列表整理

(一)地面觀測站

都會中心(皆在本研究所定義台北都會區三角形範圍內)
(21 個測站，實際共計 16 個測站)

測站代碼	英文名稱	中文名稱	資料起始日期	測站地址
466920	Taipei	台北	1896/1/1	臺北市中正區公園路 64 號
466880	Banqiao	板橋	1972/3/1	新北市板橋區大觀路二段 265 巷 62 號
C0A9A0	Tachih	大直	1997/12/1	台北市中山區北安路 420 號 (大直高中)
C0A9B0	Shipai	石牌	1997/12/1	台北市北投區石牌路 1 段 139 號 (石牌國中)
C0A9C0	Tianmu	天母	1997/12/1	台北市士林區天母東路 116 號 (三玉國小)
C0A9D0	Yonghe	永和	1997/12/1~2013/12/3	新北市永和區保生路 25 號 (永平小學)
C0AH10	Yonghe	永和	2014/1/1	新北市永和區永平路 205 號 (永平高中)
C0A9E0	Shihlin	士林	1997/12/1	台北市士林區延平北路 6 段 308 號 (社子國小)
C0A9F0	Neihu	內湖	1997/12/1	台北市內湖區內湖路一段 520 號 (內湖高工)
C0A9G0	Nangang	南港	1997/12/1	台北市南港區興南路 62 號 (東新國小)
C0A9H0	Xinyi	信義	1997/12/1~2009/3/31	台北市信義區莊敬路 423 巷 8 弄 1 號 (信義國中)
C0AC70	Xinyi	信義	2009/10/1	台北市信義區市府路 1 號 (台北市政府)
C0A9I0	Sanchong	三重	1997/12/1~2010/9/29	新北市三重區中正北路 107 號 (明志國中)

C0A9I1	Sanchong	三重	2010/10/11	新北市三重區集美街 10 號 (集美國小)
C1A670	Xinzhuang	新莊	1987/6/1~2009/3/19	新北市新莊區立言里新泰路 359 號 (新泰國中)
C1ACA0	Xinzhuang	新莊	2009/10/1~2009/11/30	新北市新莊區中和街 193 號 (榮富國小)
C0ACA0	Xinzhuang	新莊	2009/12/1	新北市新莊區中和街 193 號 (榮富國小)
C0AD30	Luzhou	蘆洲	2009/11/1	新北市蘆洲區三民路 96 號 (三民高中)
C0A980	Shetzu	社子	1997/12/1	台北市士林區延平北路 9 段 212 號 (台北海洋技術學院)
C1A730	Gongguan	公館	1987/6/1	台北市大安區羅斯福路四段 1 號 (臺灣大學大氣科學系觀測坪)
C1AC50	Guandu	關渡	1992/5/20	台北市北投區學園路 2 號 (臺北城市科技大學)

在台北都會區三角形範圍內，但較不是都會區
(實際共計 2 個測站)

測站代碼	英文名稱	中文名稱	資料起始日期	測站地址
C0A520	Shanjia	山佳	1987/6/1	新北市樹林區中山路 3 段 5 號 (山佳小學)
C0A990	Big rhyme mountain	大崙尾山	1997/12/1~2016/6/17	台北市內湖區大崙尾山 (內雙溪森林公園)

在台北都會區三角形邊緣附近 (7 個測站，實際共計 4 個)

測站代碼	英文名稱	中文名稱	資料起始日期	測站地址
C0AD40	Tucheng	土城	2009/11/1	新北市土城區金城路一段 90 號 (新北市政府消防局土城分隊)
C1A680	Wugu	五股	1987/6/1~2009/11/30	新北市五股區成泰路二段 49 巷 15 號 (五股國中)
C0A680	Wugu	五股	2009/12/1~2016/7/2	新北市五股區成泰路二段 49 巷 15 號 (五股國中)
C1AC90	Zhonghe	中和	2009/10/1~2009/11/30	新北市中和區景新街 467 巷 37 號 (景新國小)
C0AC90	Zhonghe	中和	2009/12/1~2011/7/22	新北市中和區景新街 467 巷 37 號 (景新國小)
C0AG90	Zhonghe	中和	2011/8/23	新北市中和區錦和路 350 號 (錦和運動公園)
C0AH00	Xizhi	汐止	2011/9/1	新北市汐止區大同路二段 394 號 (汐止國中)

※註:五股測站原始資料代碼皆已統一為 C0A680

未在台北都會區三角形 (14 個測站，實際共計 12 個)

測站代碼	英文名稱	中文名稱	資料起始日期	測站地址
46900	Tamsui	淡水	1942/1/1	新北市淡水區中正東路 42 巷 6 號
466930	Bamboo lake	竹子湖	1937/1/1	臺北市北投區陽明山竹子湖路 2 號
C0AD10	Bali	八里	2009/11/1	新北市八里區中山路二段 338 號 (八里國小)
C0A870	Wuzhishan	五指山	1995/1/1	新北市汐止區國軍示範公墓旁
C1A700	Nanshijiao	南勢角	1987/6/1~2009/7/13	新北市中和區圓通路 367 巷 64 號 (中和圓通寺)
C1AC80	Wenshan	文山	2009/10/1~2009/11/30	台北市文山區木柵路 4 段 159 巷 14-1 號

				(博嘉國小)
C0AC80	Wenshan	文山	2009/12/1	台北市文山區木柵路 4 段 159 巷 14-1 號 (博嘉國小)
C1A690	Muzha	木柵	1987/6/1~2009/7/14	台北市文山區萬壽路 115 號 (指南宮旁)
C1A9N0	Sihshihfen	四十份	2000/6/1	新北市新店區雙峰路 路旁 (靠近翡翠水庫)
C0A580	Quchi	屈尺	1987/6/1	新北市新店區屈尺里 10 鄰屈尺路 55 號 (屈尺小學)
C0AD20	Shenkeng	深坑	2009/11/1	新北市深坑區文化街 45 號 (深坑國小)
C1A640	Shiding	石碇	1987/6/1~2009/11/30	新北市石碇區湳窟 34 號
C0A640	Shiding	石碇	2009/12/1	新北市石碇區湳窟 34 號
C0A590	Big mountain	大尖山	1987/6/1~2011/8/12	新北市汐止區勤進路

※註:石碇測站原始資料代碼皆已統一為 C0A640

※註：

本研究所繪製圖片的範圍，共有 44 個測站，實際共計 34 個測站，在都會區的有 18 個測站在 12:00~18:00 平均降雨強度有週間趨勢。

(二)海象測報中心潮位站

站碼	站名	英文站名	縣市	鄉鎮	位置	經度	緯度	資料起始日期
1102	淡水	Tamsui	新北市	淡水區	淡水河油車口	121.424	25.175	1999/6/28
1516	基隆	Keelung	基隆市	中山區	基隆港西 33 號碼頭	121.752	25.155	2007/11/19

表 5 台北市與新北市地區所有環保署測站列表整理

中文名稱	英文名稱	建站日期	測站地址
新莊	Xinzhuang	1991/7/17~	新北市新莊區中正路 510 號(輔仁大學)
板橋	Banqiao	1991/7/17~	新北市板橋區文化路 1 段 25 號 (板橋高中)
土城	Tucheng	1991/7/17~	新北市土城區學府路 1 段 241 號 (新北高工)
菜寮	Cailiao	1991/7/17~	新北市三重區中正北路 163 號 (三重商工)
淡水	Tamsui	2004/11/20~	新北市淡水區中正東路 42 巷 6 號 (淡水氣象站)
新店	Xindian	1991/7/18~	新北市新店區民族路 108 號 (大豐國小)
林口	Linkou	1991/7/17~	新北市林口區文化北路 1 段 425 號 (新北市特教中心)
汐止	Xizhi	1991/7/19~	新北市汐止區樟樹一路 137 巷 26 號 (忠厚市場)
永和	Yonghe	1996/7/1~	新北市永和區永和中正 花園
三重	Sanchong	1995/10/1~	新北市三重區介壽公園
萬里	Wanli	1991/7/17~	新北市萬里區瑪鋉路 221 號 (萬里公有市場)
萬華	Wanhua	1991/7/18~	臺北市萬華區中華路 1 段 66 號 (福星國小)
古亭	Guting	1991/7/18~	臺北市大安區羅斯福路 3 段 201 號 (古亭國小)
中山	Zhongshan	1991/7/18~	臺北市中山區林森北路 511 號 (新興國中)
士林	Shilin	1991/7/18~	臺北市北投區文林北路 155 號



			(文林國小)
松山	Songshan	1991/7/18~	臺北市松山區八德路4 段746號 (松山國小)
大同	Datong	1991/7/18~2005/8/2 2010/8/17~	臺北市大同區重慶北路 3段2號 (大橋國小)
陽明	YangMing	1991/7/19~	臺北市北投區竹子湖路 111號 (鞍部氣象站)

註：位在本研究定義的台北都會區三角形範圍內的測站是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重。

表 6 CAPE 與 CIN、靜力穩定度與對流不穩定度、垂直風切與海風分量統計檢定結果

	Wed-Sat	Wed-Sun	Midweek-Weekend
CAPE			
CIN			
N ² 10~100m			
N ² 100~300m			
N ² 300~500m			V
N ² 500~1000m		V	
N ² 1000~2000m			
CI 10~100m			
CI 100~300m			
CI 300~500m	V	V	V
CI 500~1000m		V	V
CI 1000~2000m			
Windshear 2000m	V		
Windshear 4000m			
Windshear 6000m			
淡水海風			
基隆海風			

註 1：Midweek 是 Tue,Wed,Thu 三天平均；Weekend 是 Sat,Sun 兩天平均。

註 2：N² 代表靜力穩定度；CI 代表對流不穩定度。其後方的數值代表其高度之間的穩定度(單位:公尺)。

註 3：統計檢定使用 Z 檢定，顯著水準為 95%。V 表示差異值通過檢定；空白表示差異值沒有通過檢定。

註 4：淡水與基隆海風時間為 12LST，皆已先扣除彭佳嶼測站同一時間的風場，之後分別投影至淡水河口(方向角：310°)與基隆河口(方向角：20°)的分量。

第二章圖片

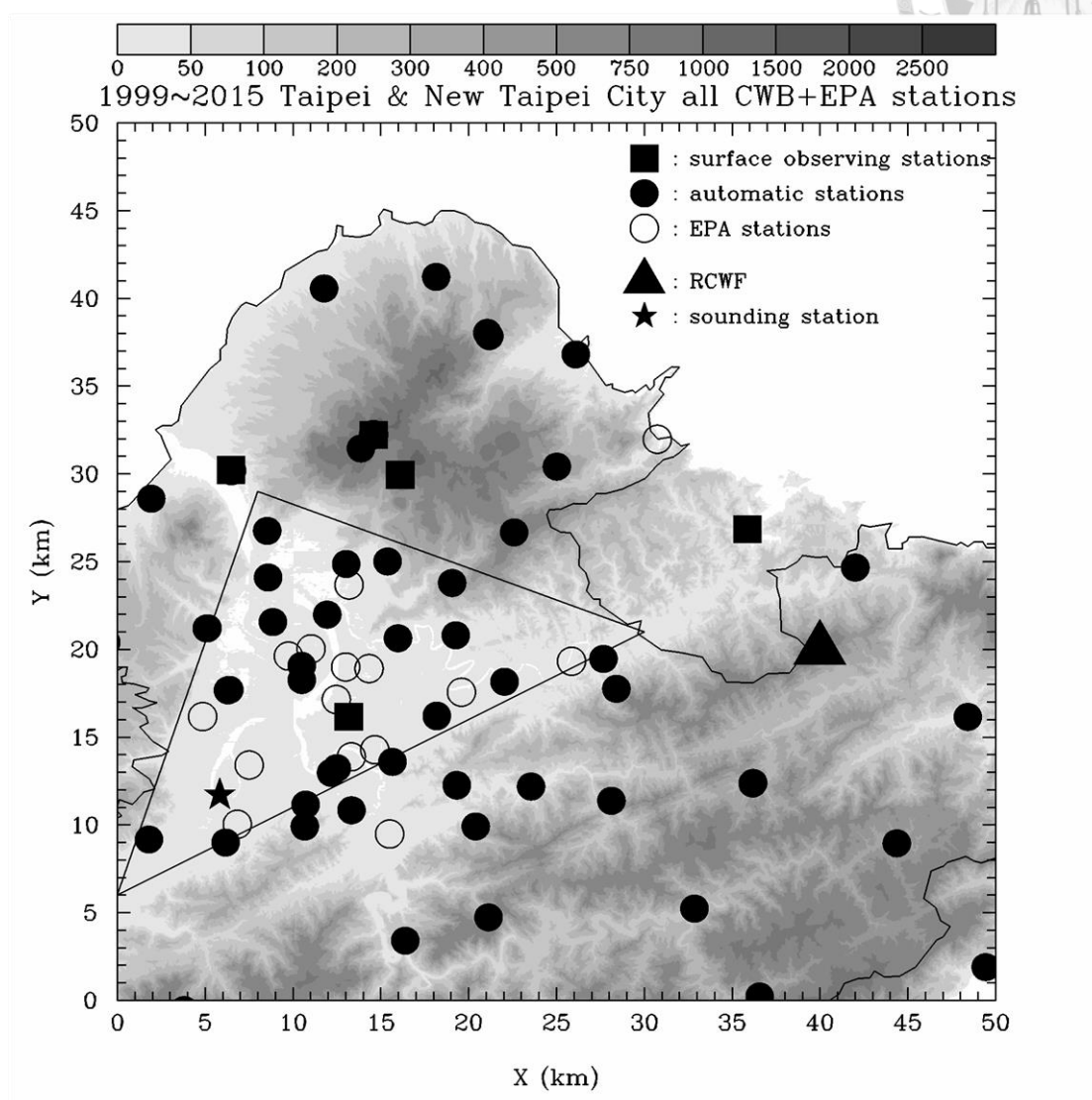


圖 2.1 本研究使用的所有氣象局測站與環保署測站分布圖，圖中色階表示地形高度(單位為公尺)，其間距如圖上所示。測站屬性標註於右上角。實心方形代表氣象局局屬站；實心圓形代表氣象局自動測站；實心三角形代表五分山氣象雷達站(RCWF)；實心星形代表板橋探空站；空心圓形代表環保署測站。圖中左邊黑色實線三角形為台北都會區。

※註 1:其中環保署的淡水測站與陽明山測站分別與氣象局的淡水局屬站與鞍部局屬站位在同一地點。

※註 2:氣象局海象測報中心淡水潮位站與基隆潮位站的位置與淡水局屬站與基隆局屬站相距甚近，故在此不另外標示。

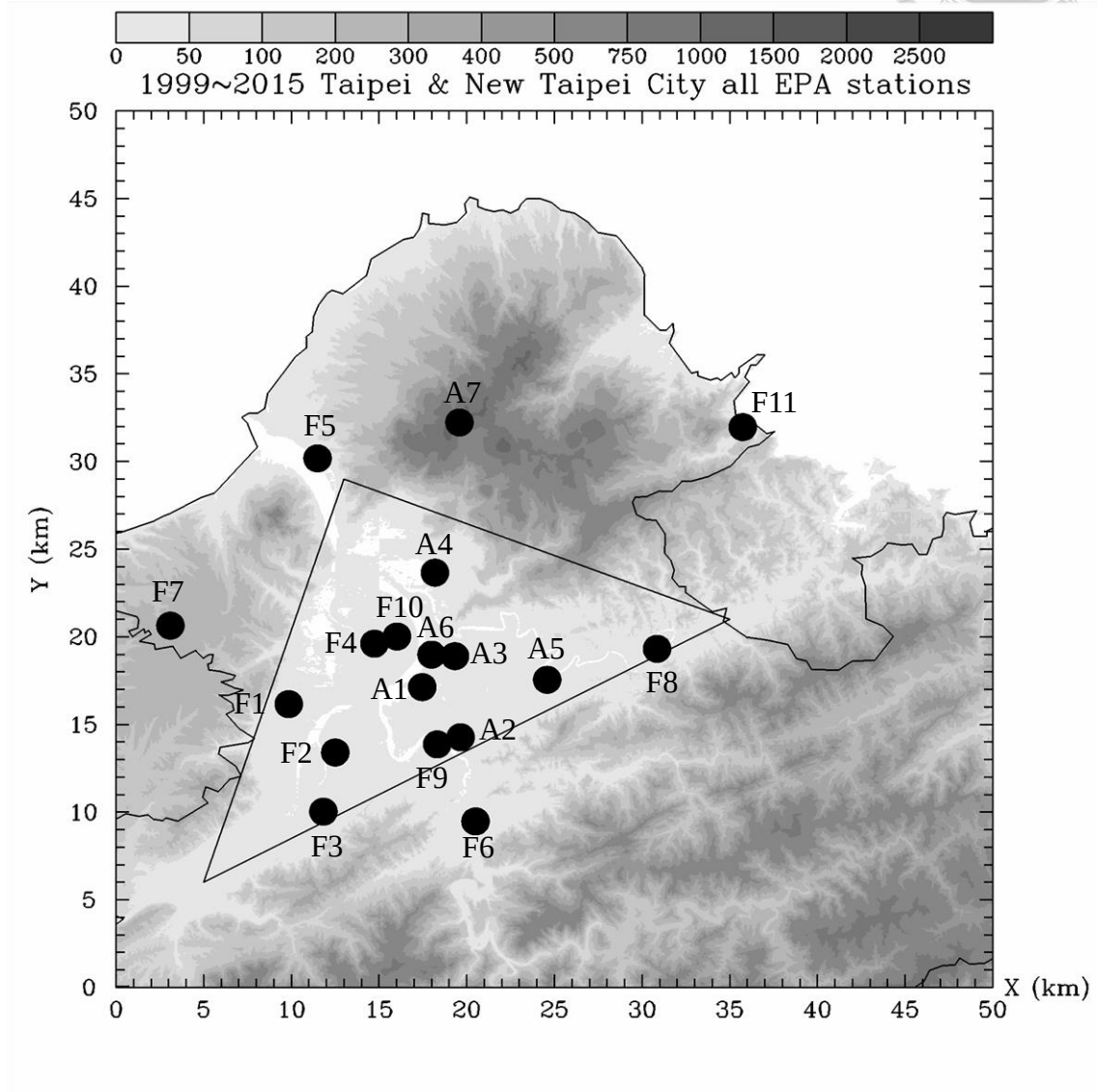


圖 2.2 行政院環保署測站分布，A1:萬華、A2:古亭、A3:中山、A4:士林、A5:松山、A6:大同、A7:陽明、F1:新莊、F2:板橋、F3:土城、F4:菜寮、F5:淡水、F6:新店、F7:林口、F8:汐止、F9:永和、F10:三重、F11:萬里。圖中左邊黑色實線三角形為台北都會區。

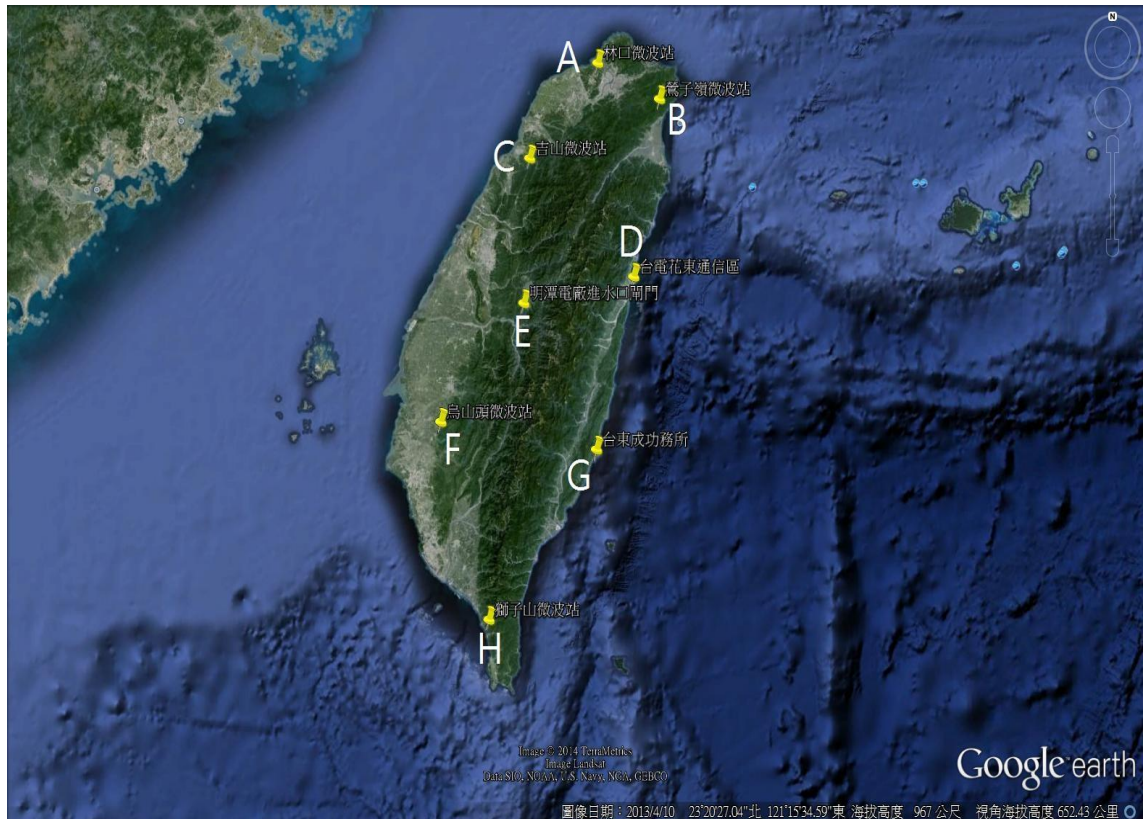


圖 2.3 台電整合型落雷偵測系統方向檢測器分布位置，共計有八台偵測器，由北到南分別是(A)林口微波站、(B)鶯子嶺微波站、(C)吉山微波站、(D)台電花東通信區、(E)明潭電廠進水口閘門、(F)烏山頭微波站、(G)台東成功務所、(H)獅子山微波站。其中離台北盆地最接近的偵測器是林口微波站、鶯子嶺微波站，分別位在台北盆地西邊與東邊。

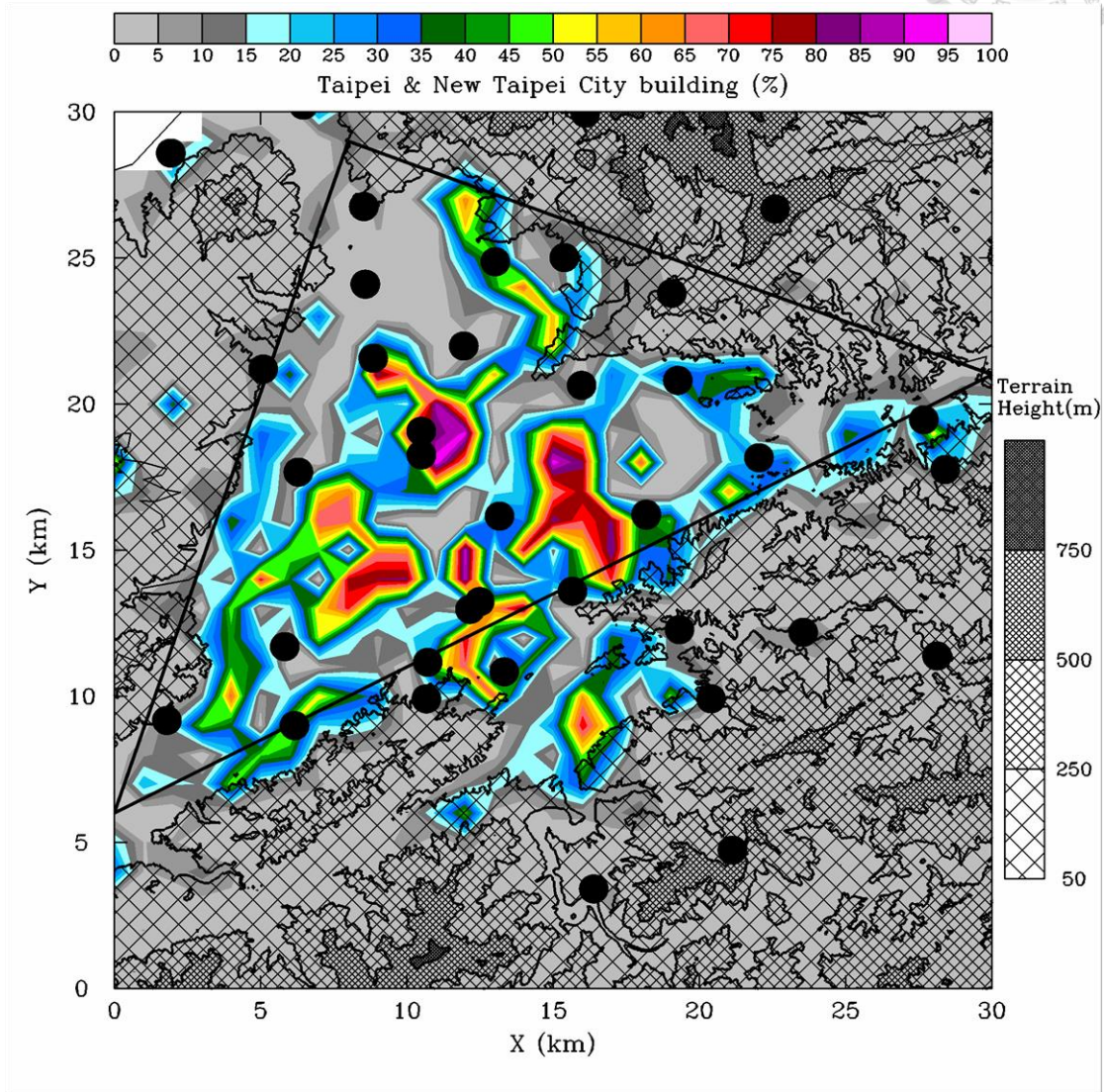


圖 2.4 台北盆地建築物百分比圖，色階表示建築物百分比，其間距如圖上所示 (單位為%)。網線是地形高度，其網線疏密表示不同的高度值(單位為公尺)，如圖右所示。黑色圓點是氣象局地面測站分布，黑色實線三角形表示本研究所定義的台北都會區範圍。

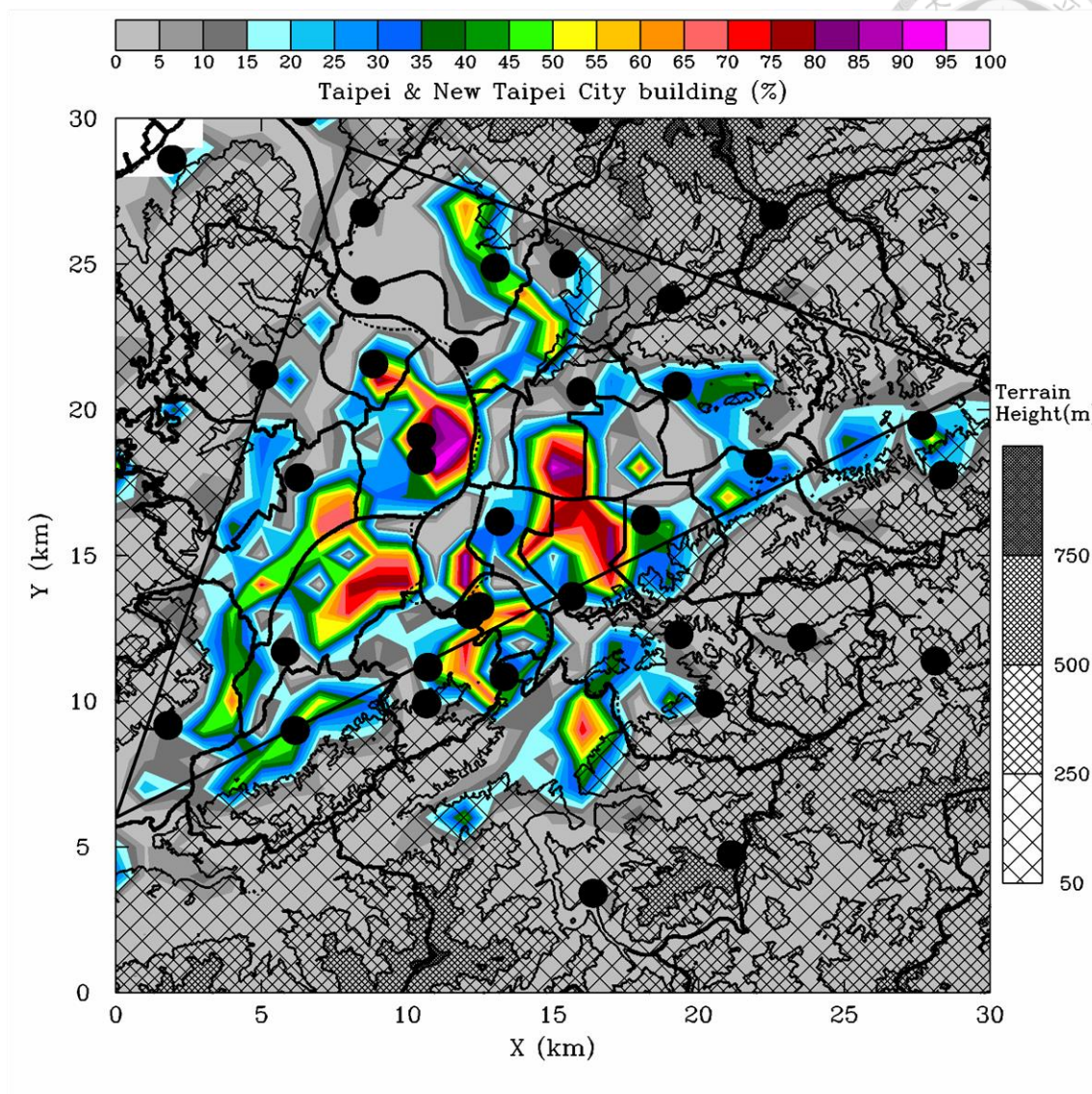


圖 2.5 台北地區行政區劃分圖。色階代表建築物百分比，其間距如圖上所示(單位為%)。網線是地形高度，其網線疏密表示不同的高度值(單位為公尺)，如圖右所示。黑色圓點是氣象局地面測站分布，黑色直線三角形表示本研究所定義的台北都會區範圍。

※註一:完全位在該範圍內之行政區:中正區、中山區、萬華區、大同區、松山區、內湖區、板橋區、三重區、蘆洲區。

※註二:部分位在該範圍內之行政區: 大安區、信義區、南港區、士林區、北投區、永和區、中和區、土城區、樹林區、新莊區、泰山區、五股區、汐止區。

第三章圖片

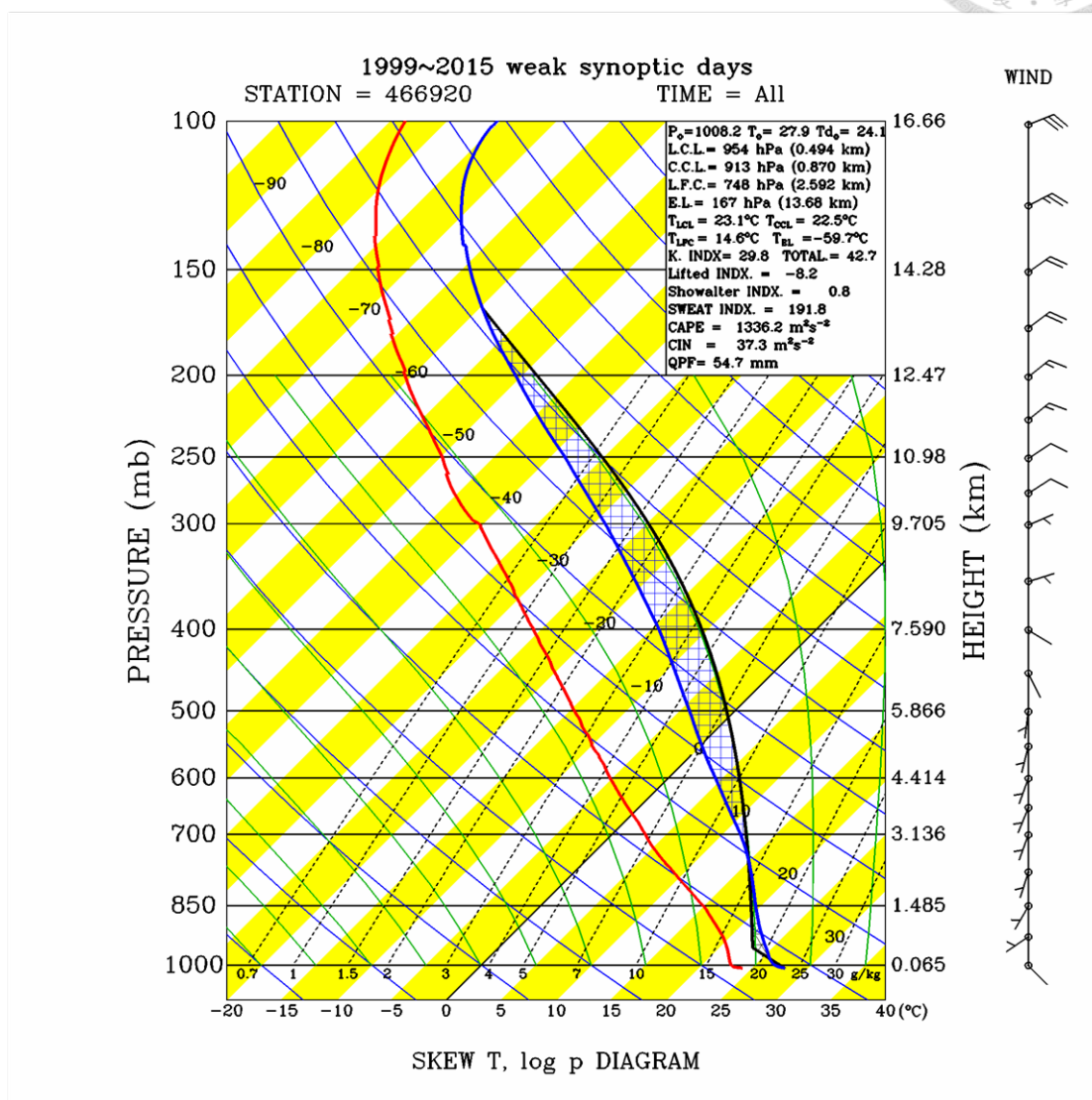


圖 3.1 1999~2015 夏季(6~8 月)所有弱綜觀環境天數下，板橋探空 00UTC 之平均斜溫圖，藍線為探空環境溫度曲線；紅線為探空環境露點曲線；黑線為探空氣塊溫度曲線，該曲線是由地面溫度與露點溫度決定。藍色網線部分為 CAPE 之區域；黑色網線部分為 CIN 之區域。右側風標為水平風隨高度之變化(half bar= 2.5 m s^{-1} ，full bar= 5 m s^{-1})。

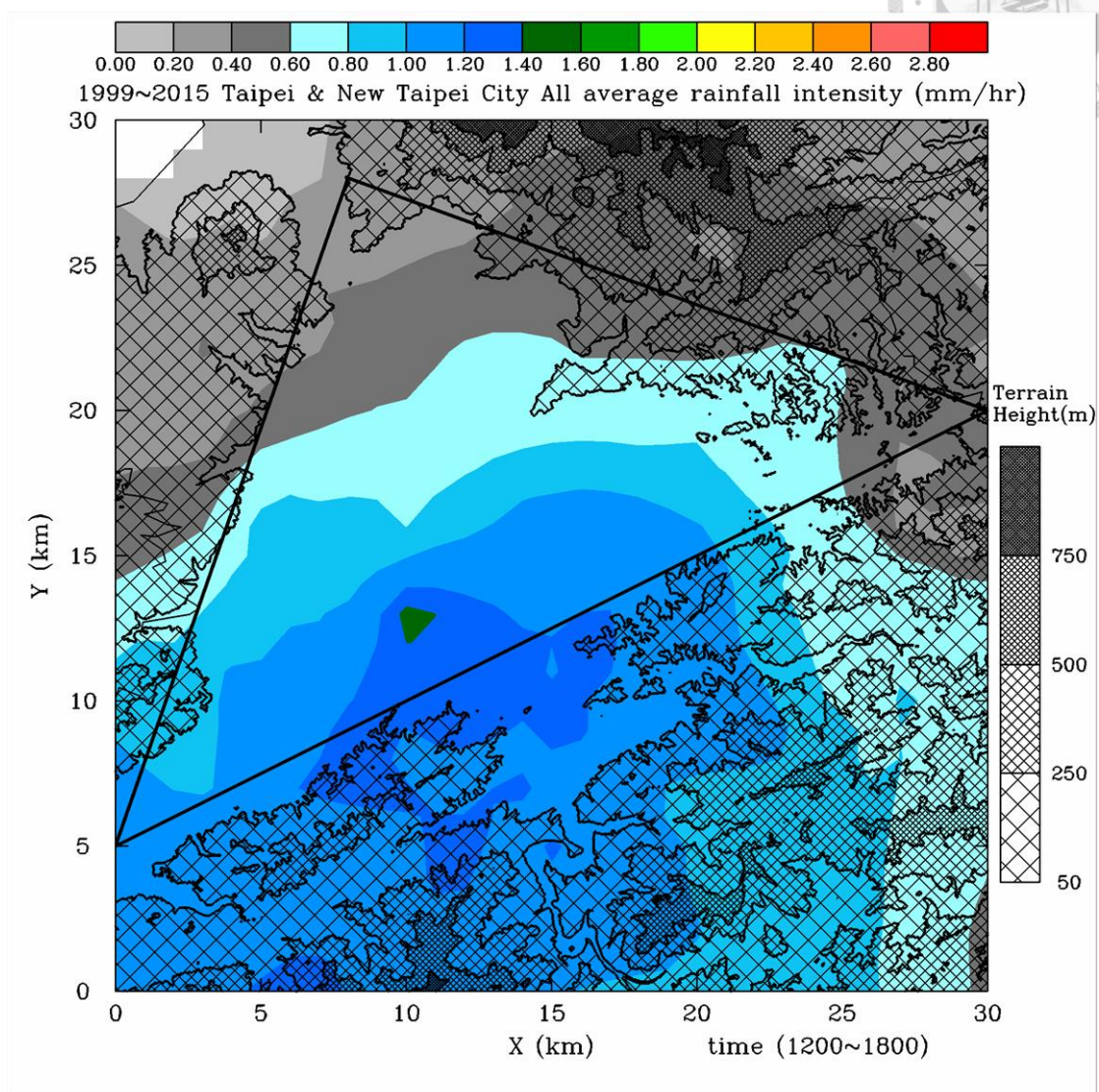


圖 3.2 1999~2015 年所有夏季(6~8 月)弱綜觀環境天數午後六小時(12:00~18:00)台北盆地平均逐時降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站個別的平均降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均降雨強度(單位為 mm h^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。

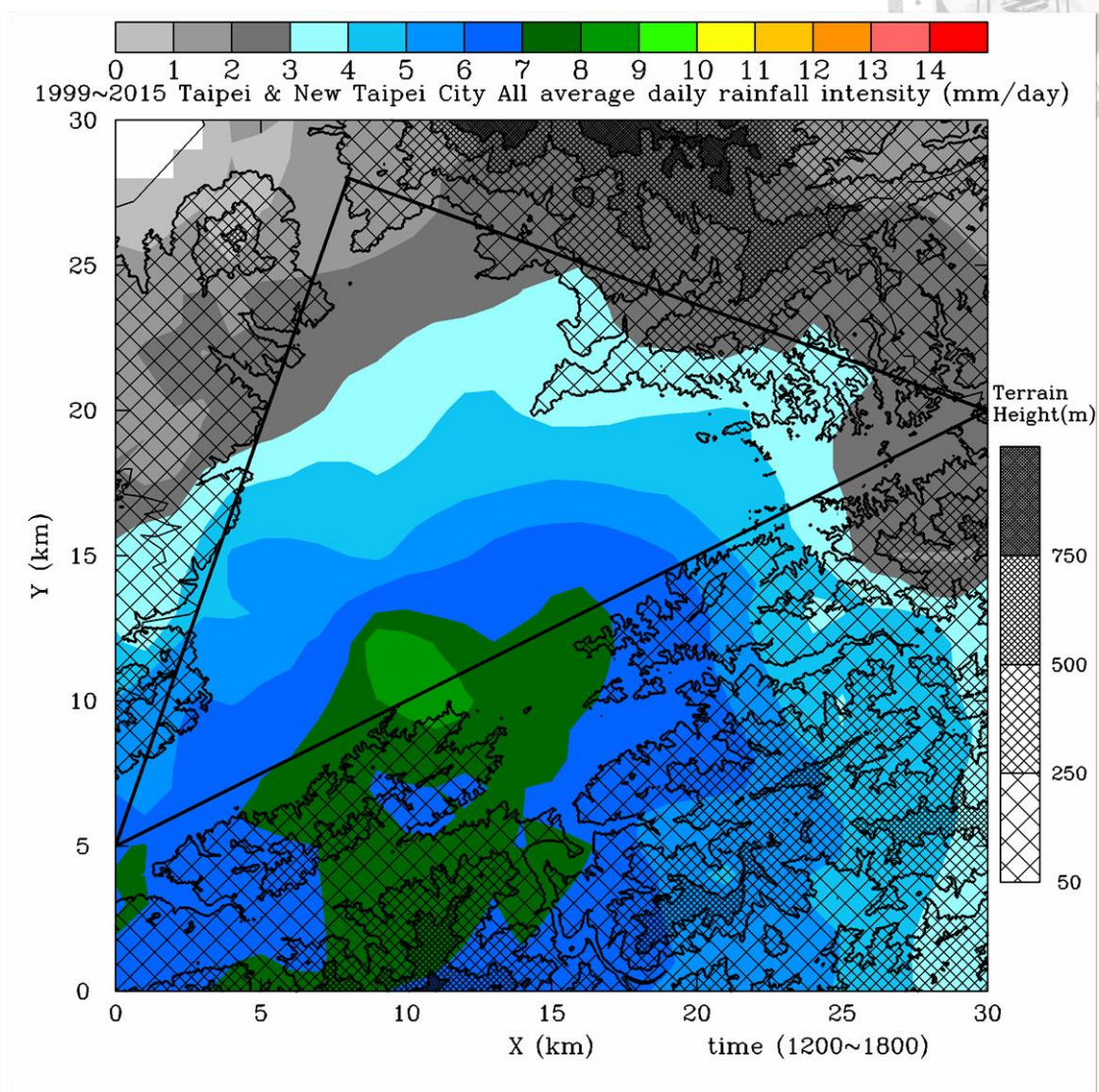


圖 3.3 1999~2015 年所有夏季(6~8 月)弱綜觀環境天數午後六小時(12:00~18:00)台北盆地平均逐日降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站的平均每日降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均每日降雨強度(單位為 mm day^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。

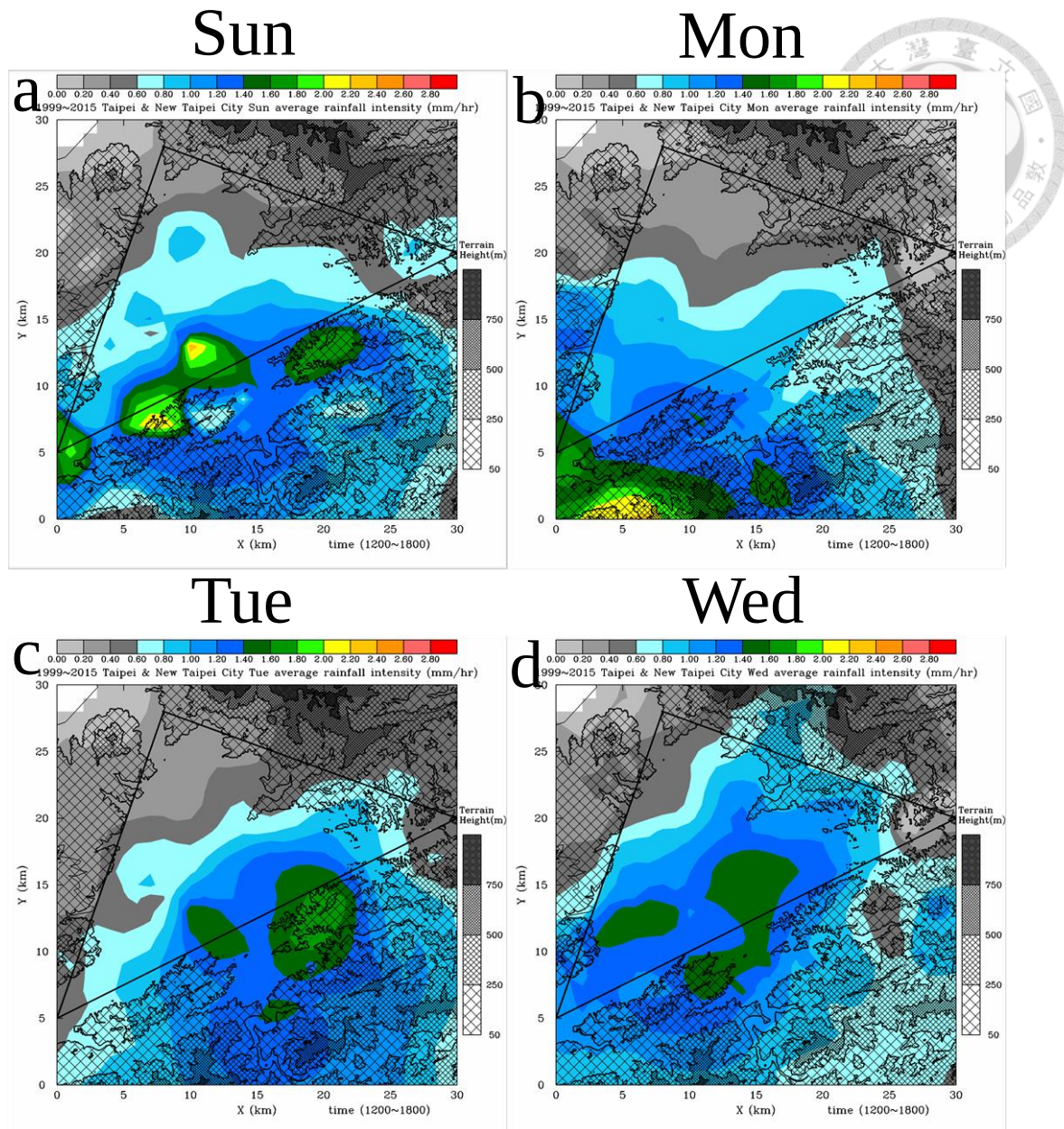
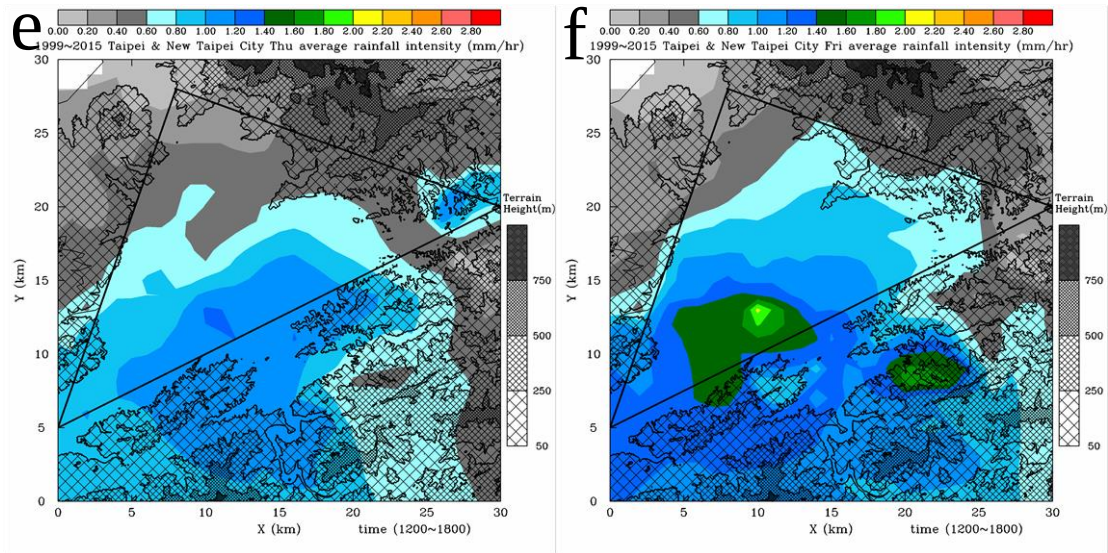


圖 3.4 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，台北盆地午後六小時(12:00~18:00)平均逐時降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站個別的平均逐時降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均逐時降雨強度(單位為 mm h^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-g)分別表示週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六。



Thu

Fri



Sat

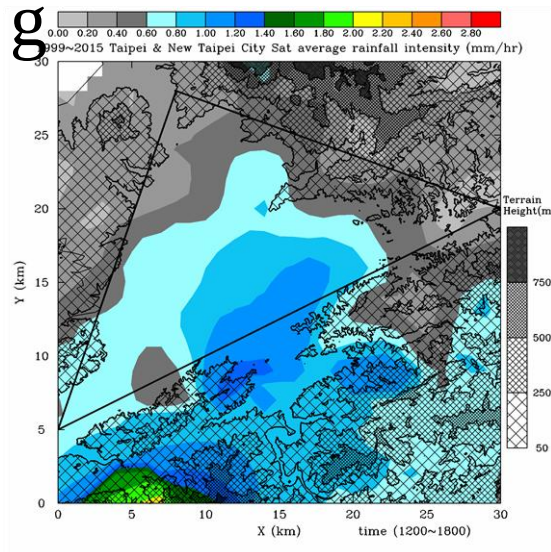


圖 3.4 (續)

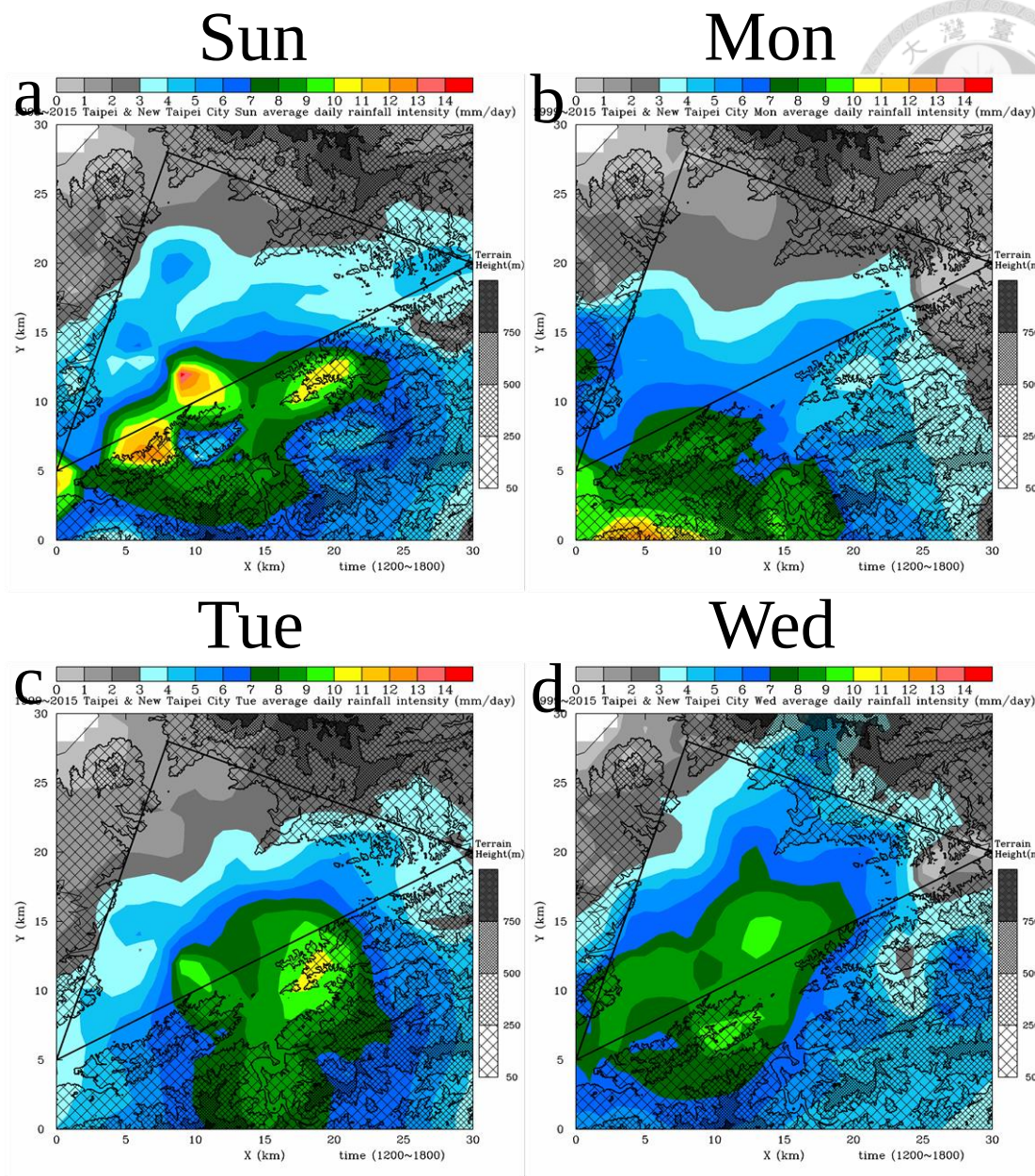
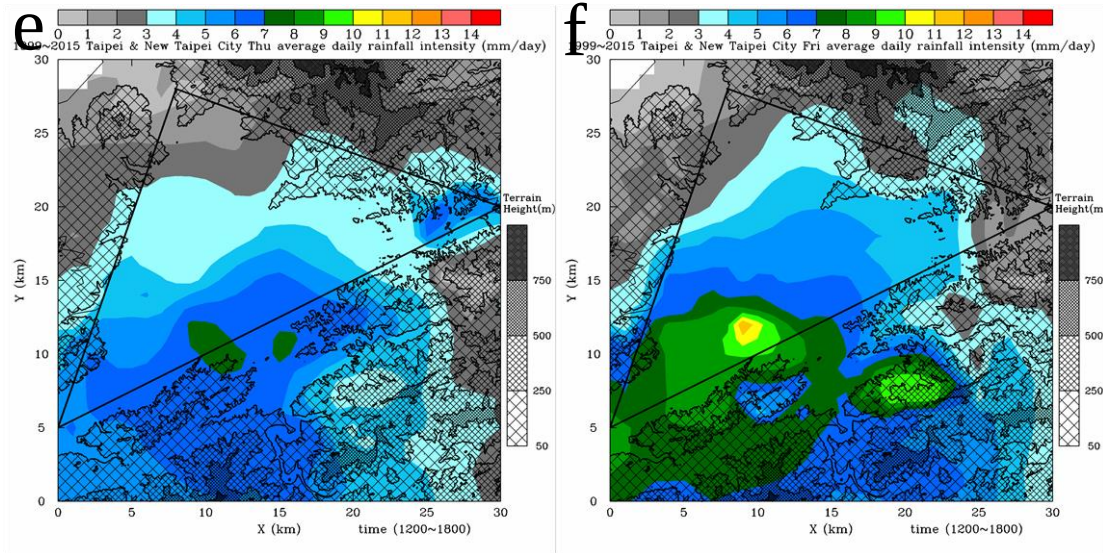


圖 3.5 1999~2015 年所有夏季(6~8 月)弱綜觀環境天數午後六小時(12:00~18:00)台北盆地平均逐日降雨強度(門檻為時雨量大於等於 0 mm h^{-1})。其計算方法是先算出每個測站的平均每日降雨強度之後，再以 Cressman(1959)的權重函數(第一次影響半徑為 5 公里，第二次修正的影響半徑為 3 公里)將其轉換為網格資料(解析度為 1km)繪製而成，色階表示平均逐日降雨強度(單位為 mm day^{-1})。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值，如圖右所示。(a-g)分別表示週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六。



Thu

Fri



Sat

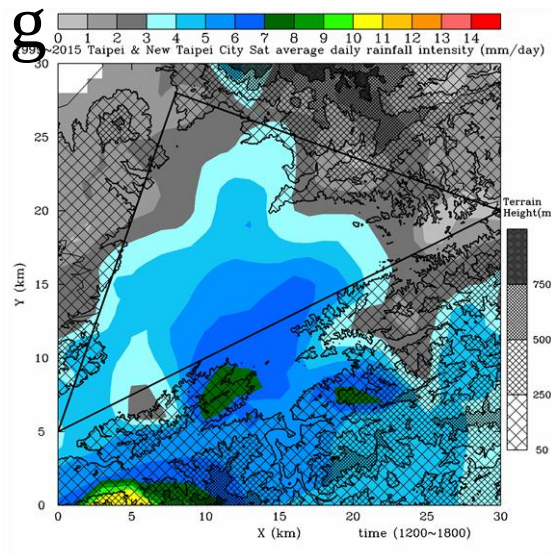


圖 3.5 (續)

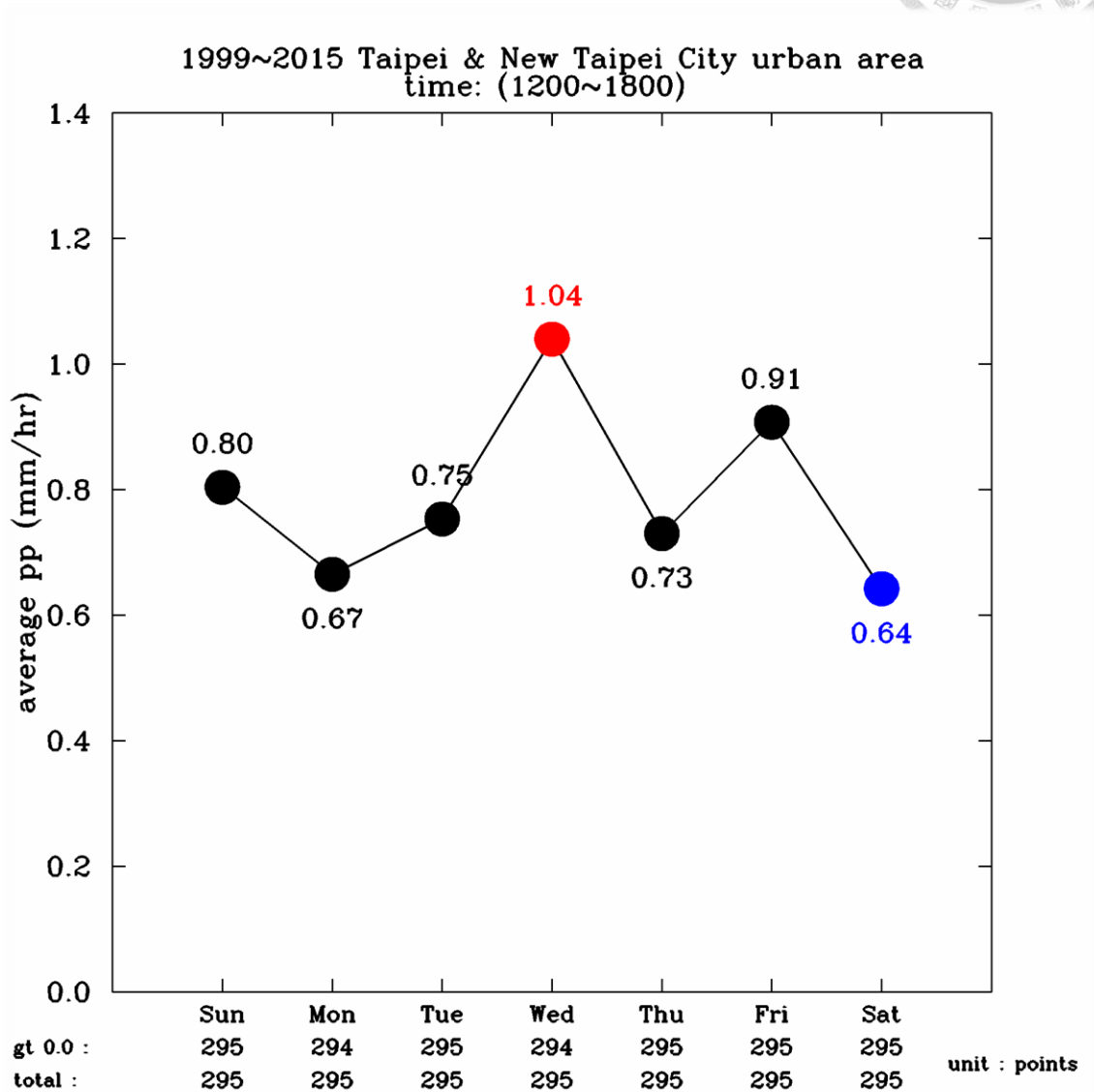


圖 3.6 承圖 3.4 週日到週六所有個別七天的水平分布網格資料，把本研究所定義的台北都會區三角形範圍內所有網格點取空間上的平均，所繪製而成的平均逐時降雨強度週間圖(單位為 mm h^{-1})。每一天的平均值標註於圓點上，藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。

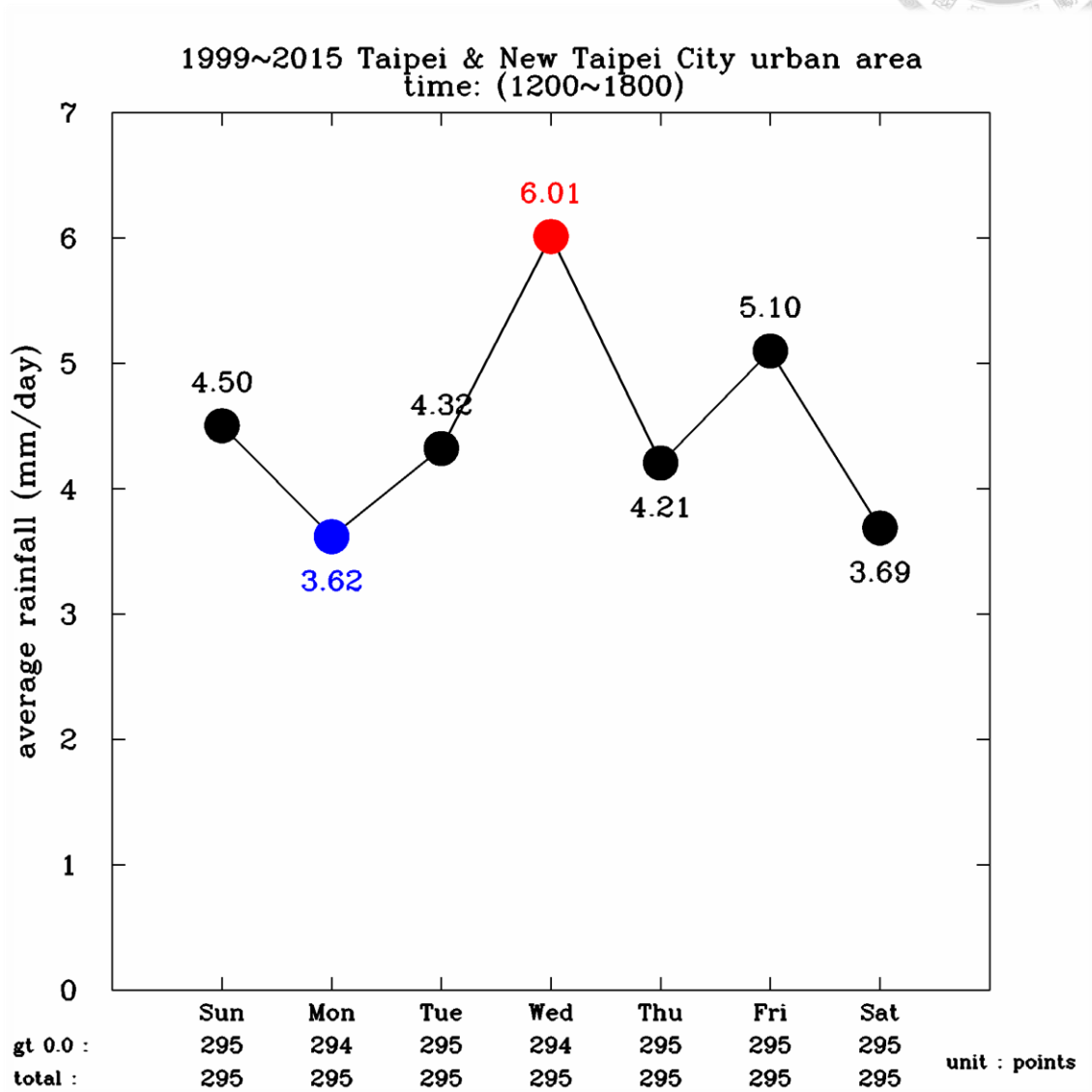


圖 3.7 承圖 3.5 週日到週六所有個別七天的水平分布網格資料，把本研究所定義的台北都會區三角形範圍內所有網格點取空間上的平均，所繪製而成的平均逐日降雨強度週間圖(單位為 mm day^{-1})。每一天的平均值標註於圓點上，藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。

第四章圖片

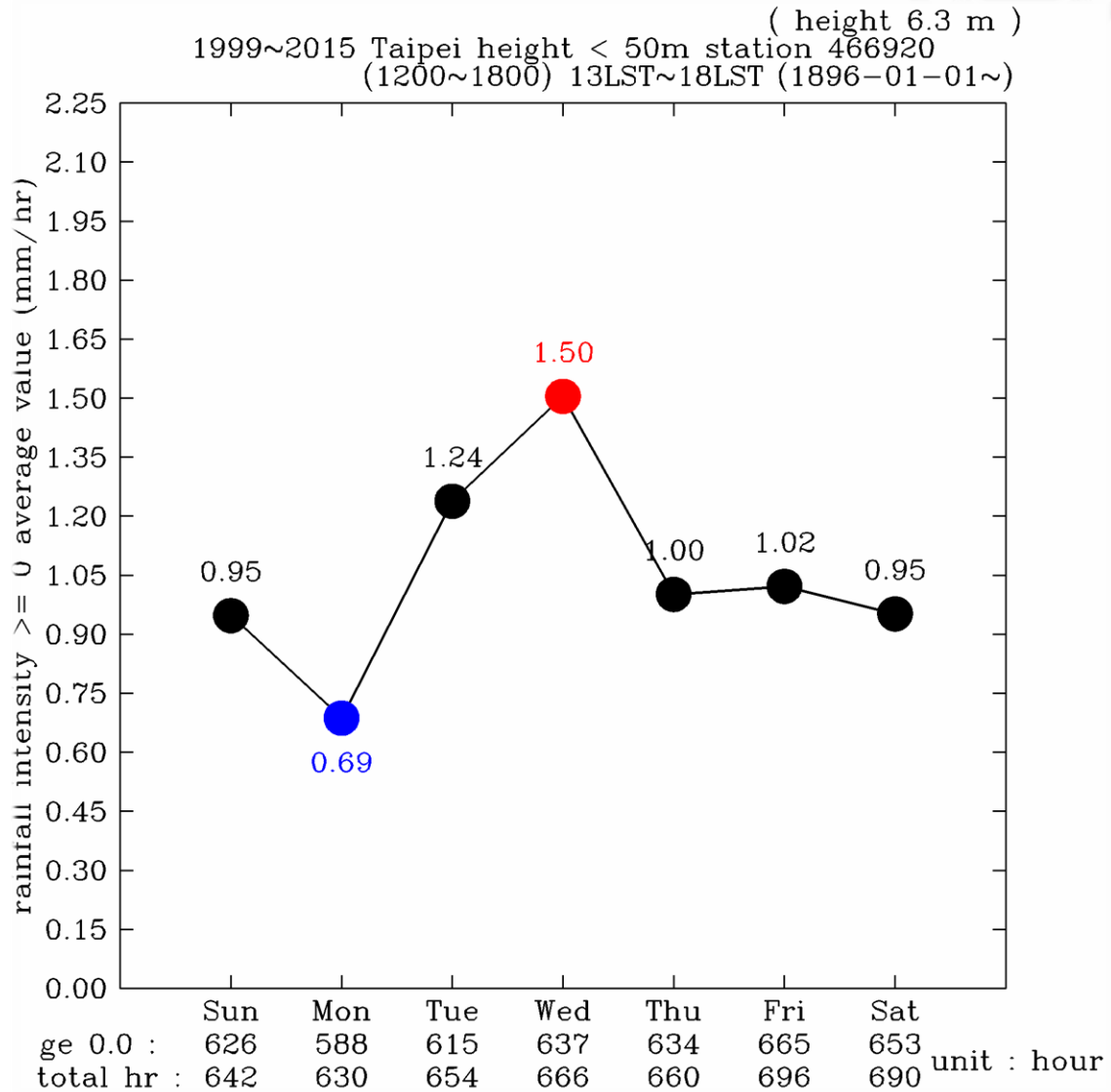


圖 4.1 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，台北局屬站個別測站午後(12:00~18:00)平均降雨強度週間圖(門檻為大於等於 0 mm h^{-1} ，y 軸單位為 mm h^{-1})。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。圖下則標示週日到週六個別每一天統計總小時數(也就是週日到週六弱綜觀天數乘上 6 倍，因為一天共有六小時)與實際降雨量大於等於 0 mm h^{-1} 的小時數。

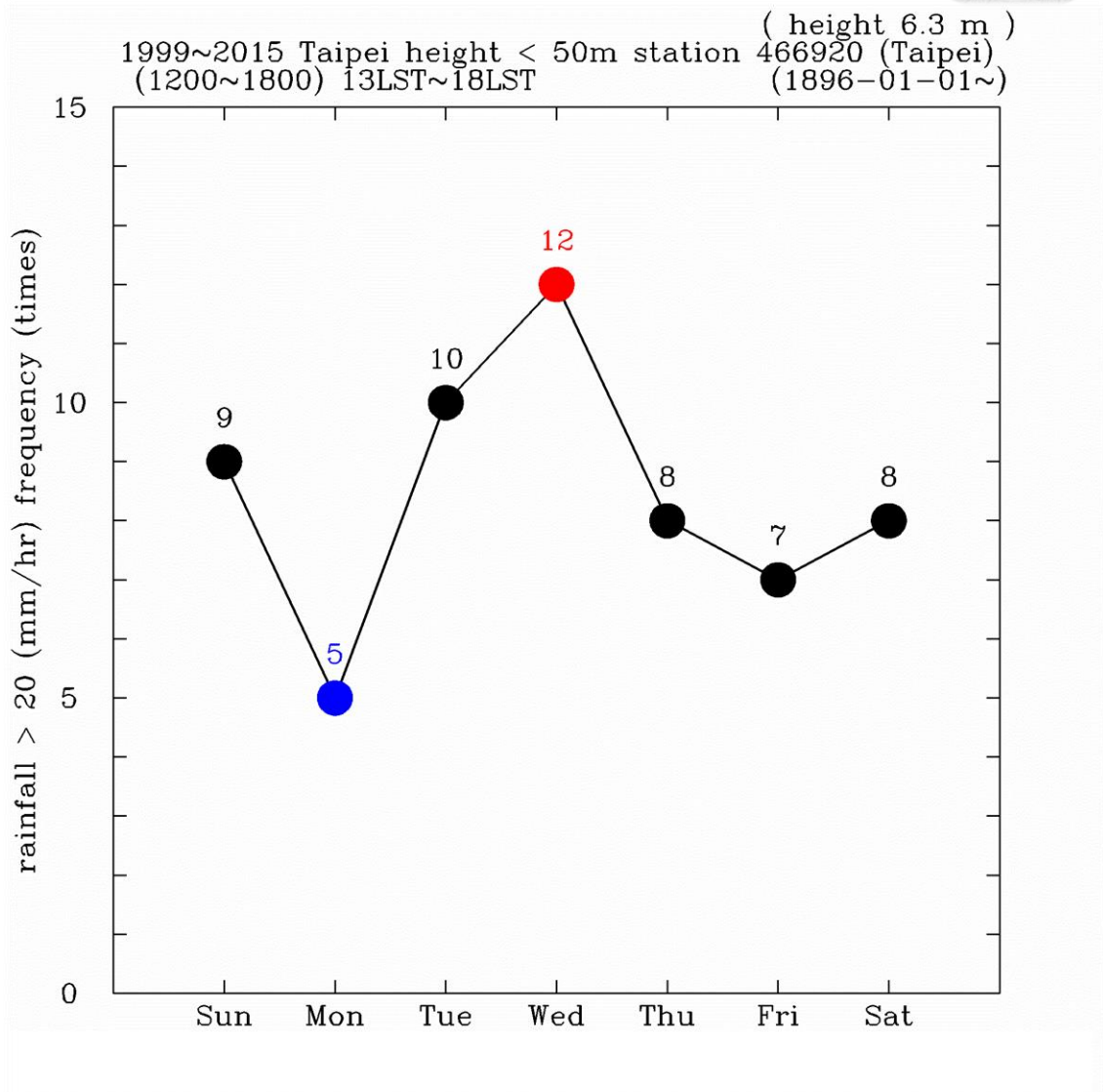


圖 4.2 1999~2015 年台北局屬站個別測站午後(12:00~18:00)時雨量大於 20 (mm h⁻¹)的天數頻率週間圖(y 軸單位為次數)。圓點上標示為其天數值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。

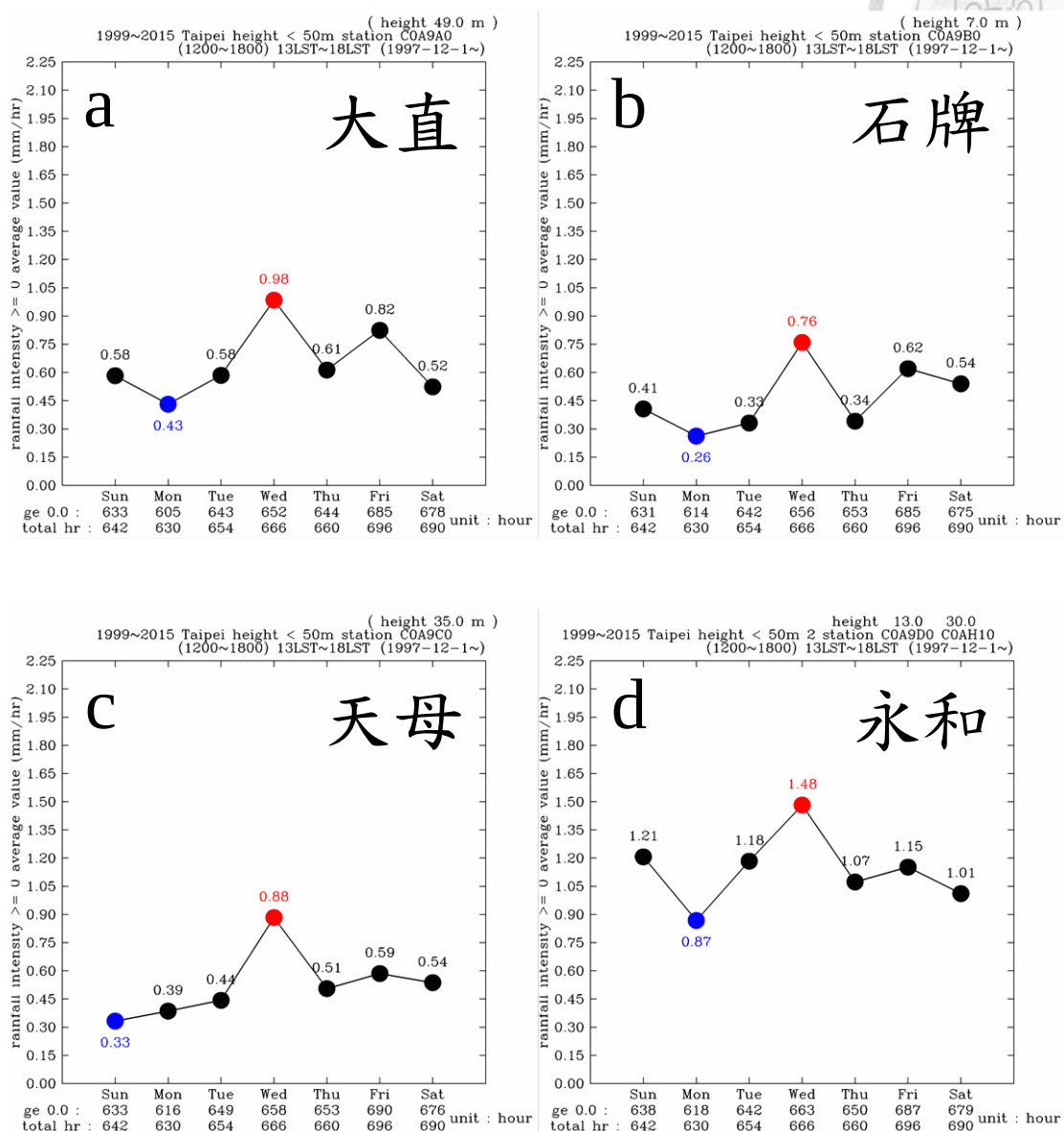


圖 4.3 1999~2015 年台北都會區降雨具有明顯週間變化趨勢個別測站午後 (12:00~18:00) 平均降雨強度週間圖(門檻為大於等於 0 mm h^{-1} , y 軸單位為 mm h^{-1})。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。圖下則標示週日到週六個別每一天統計總小時數(也就是週日到週六弱綜觀天數乘上 6 倍，因為一天共有六小時)與實際降雨量大於等於 0 mm h^{-1} 的小時數。(a-k)分別為大直、石牌、天母、永和、士林、內湖、三重、山佳、社子、蘆洲、新莊測站。

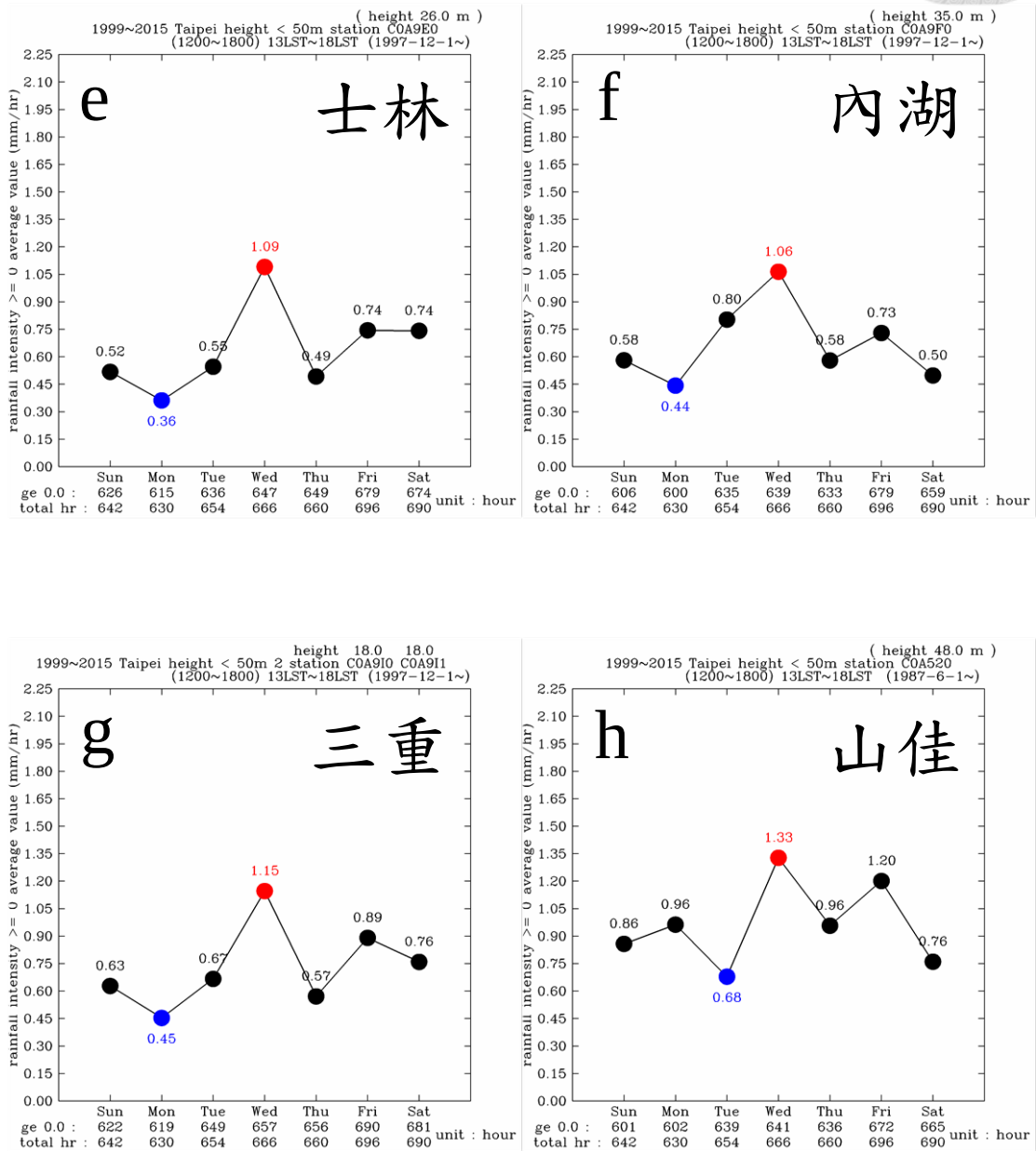


圖 4.3 (續)

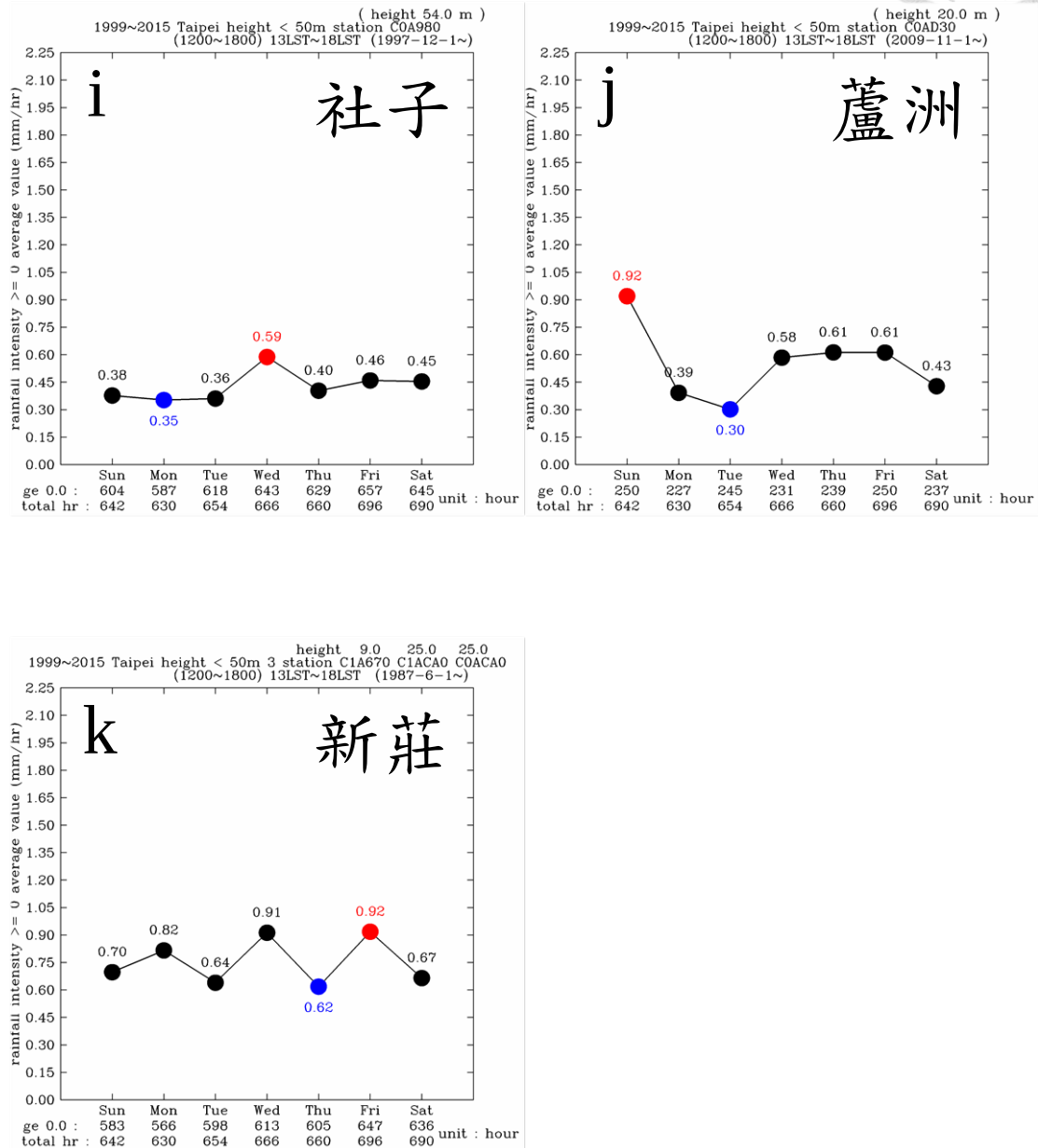


圖 4.3 (續)

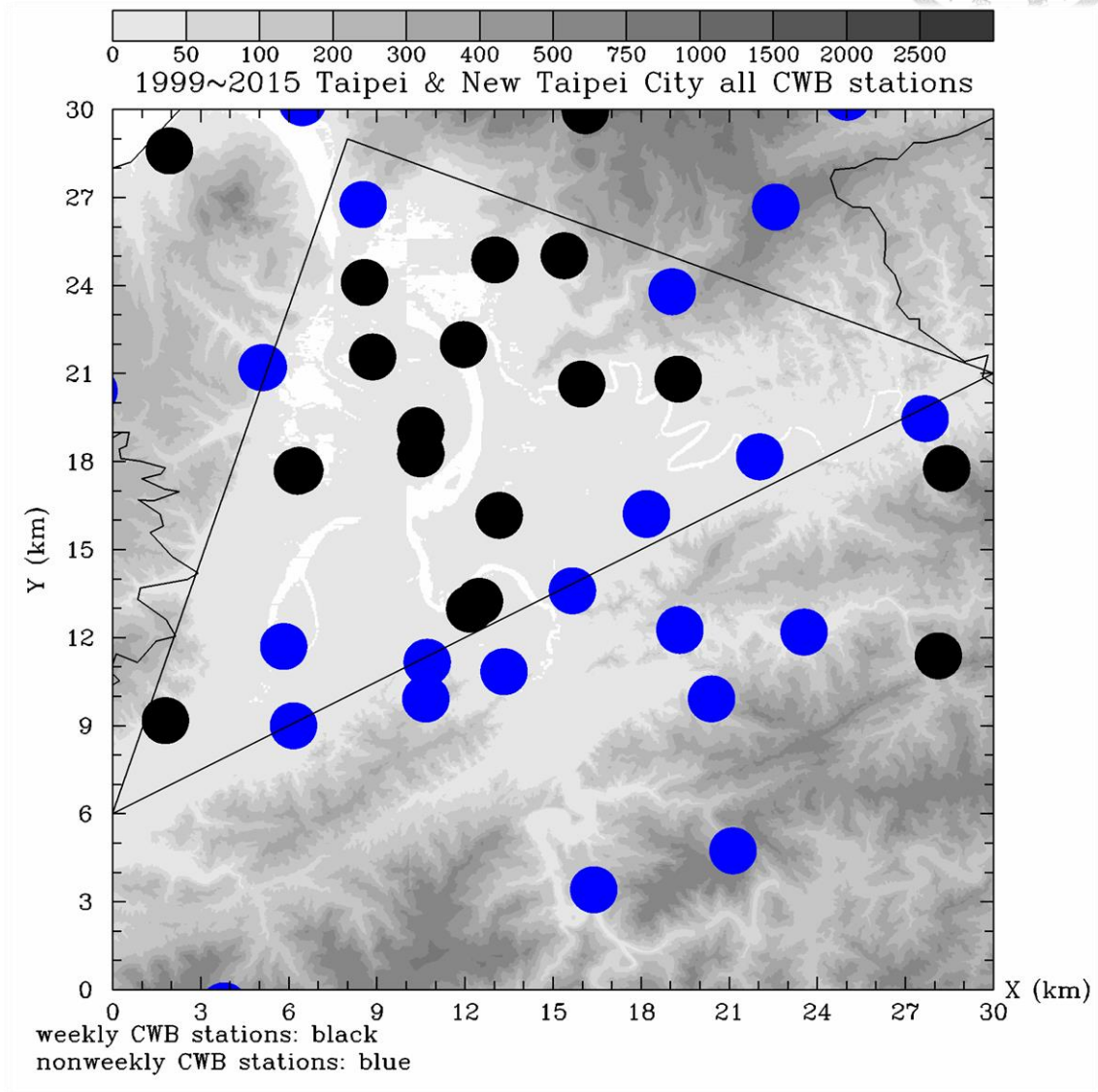


圖 4.4 台北地區所有氣象局測站分布。如果 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下天數納入統計之下，其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

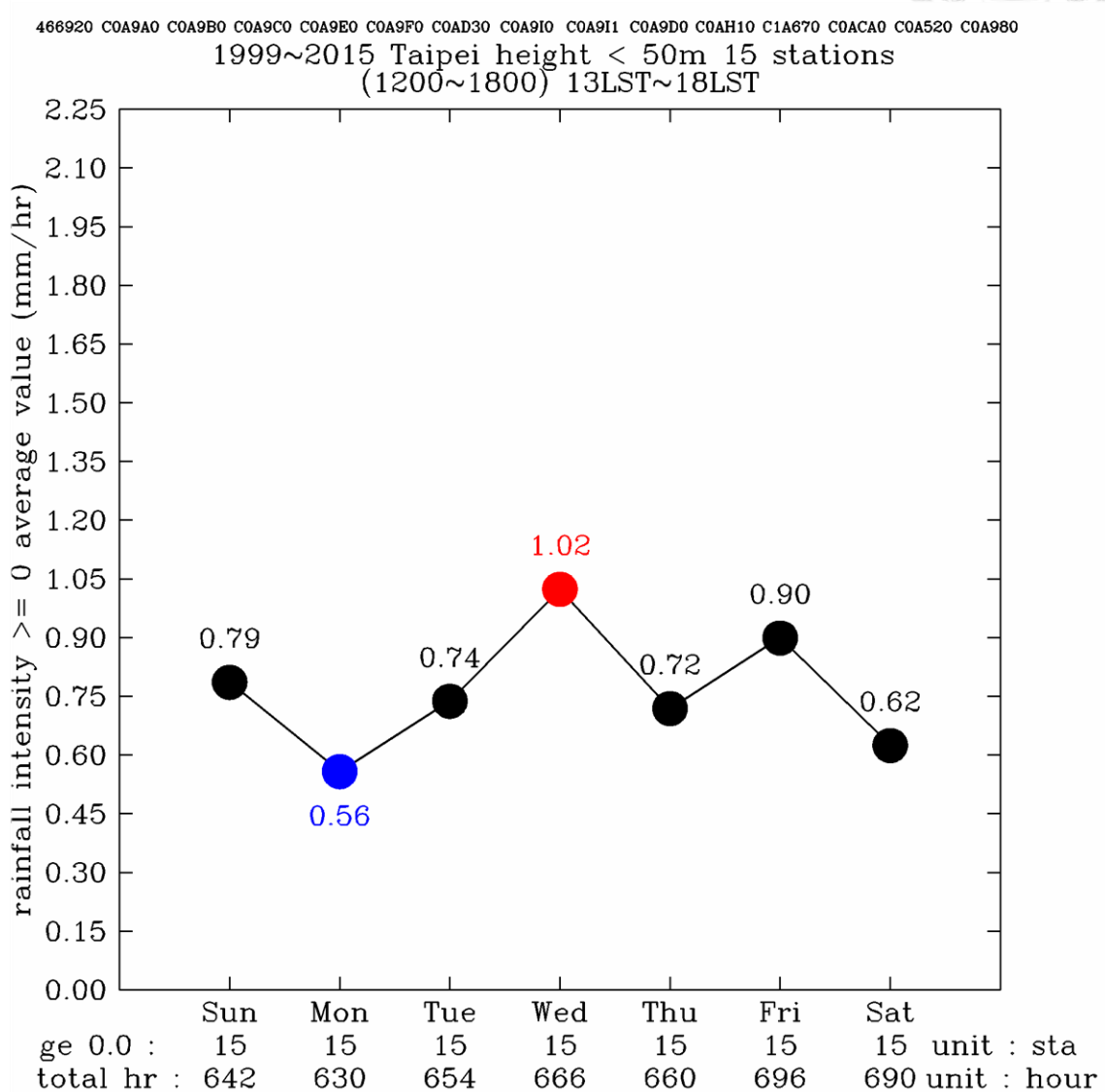


圖 4.5 1999~2015 年夏季弱綜觀環境下，在台北都會區內平均午後(12:00~18:00)降雨具有明顯週間趨勢的 12 個測站特徵平均所得平均降雨強度週間圖。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。

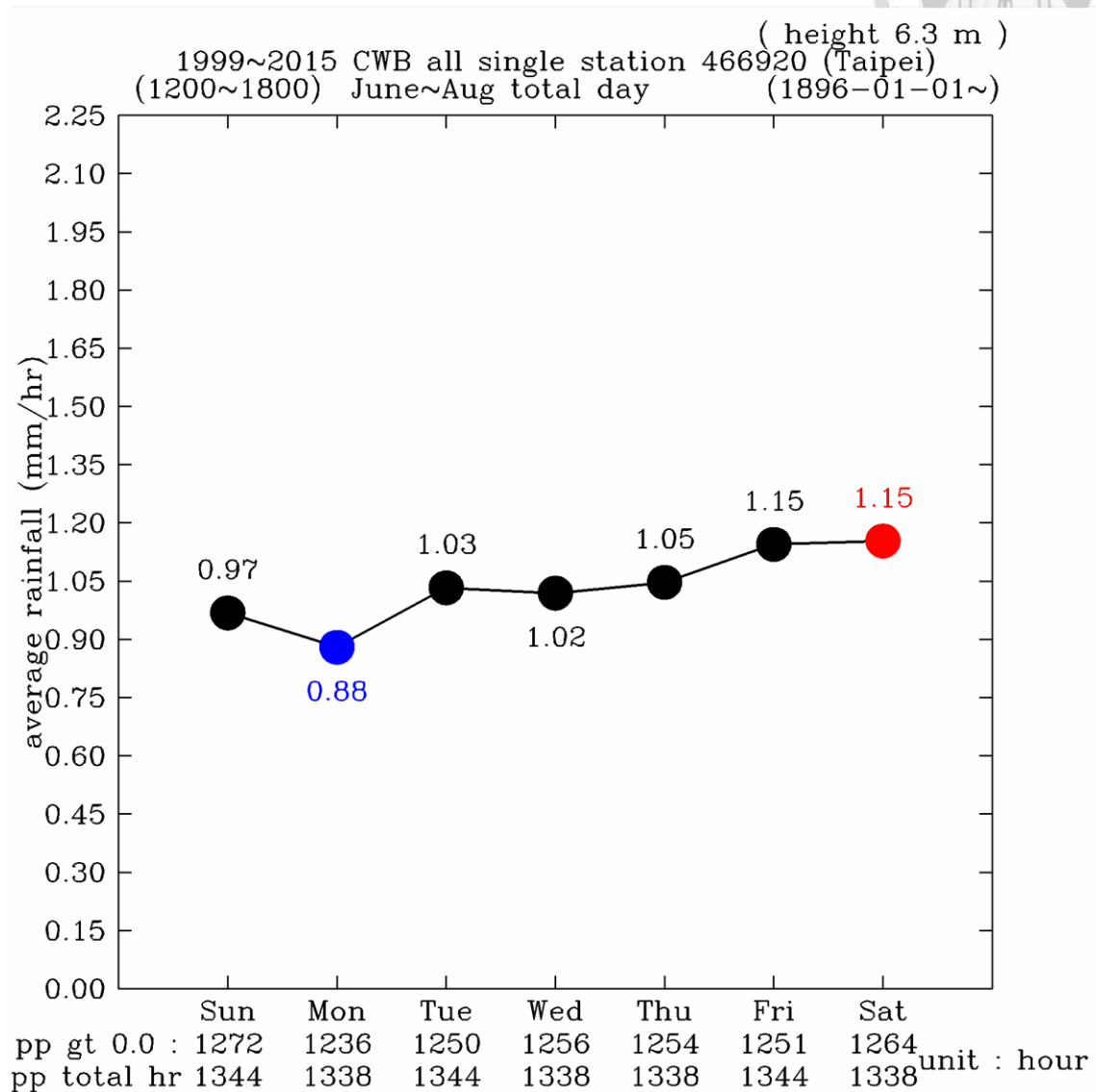


圖 4.6 1999~2015 年夏季(6~8 月)不分強弱綜觀環境下所有天數，台北局屬站個別測站午後(12:00~18:00)平均降雨強度週間圖(y 軸單位為 mm h^{-1})。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。圖下則標示週日到週六個別每一天統計總小時數(也就是週日到週六不分強弱綜觀所有天數乘上 6 倍，因為一天共有六小時)與實際降雨量大於等於 0 mm h^{-1} 的小時數。

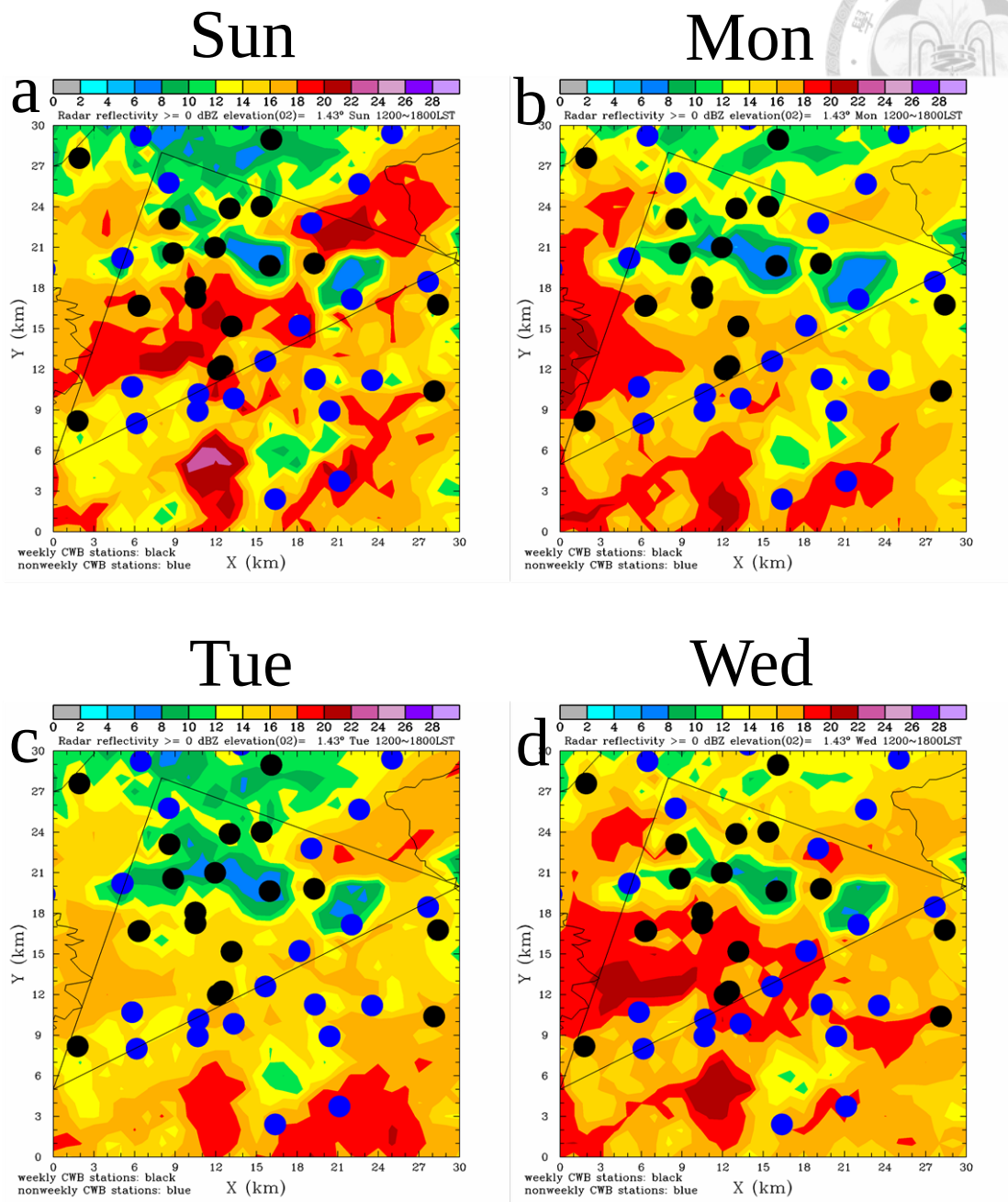
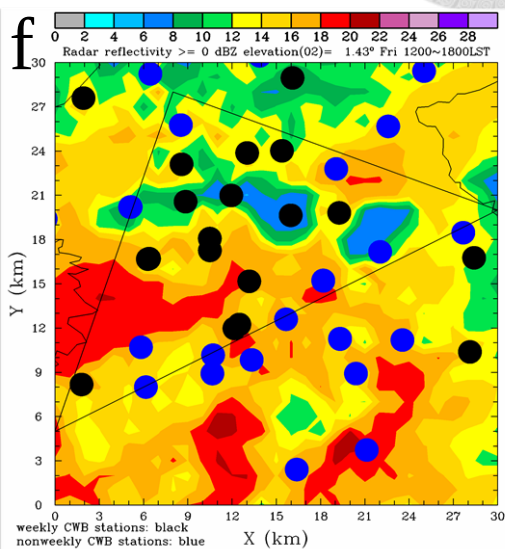
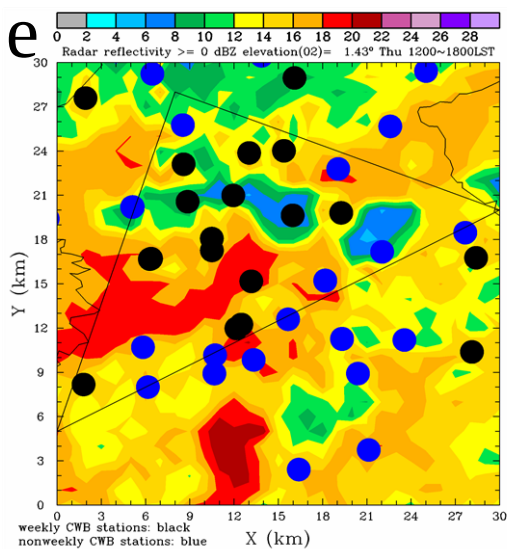


圖 4.7 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)所有五分山雷達資料(第二層仰角 1.5 度)平均雷達回波值分布圖(網格解析度為 1km)，門檻值為大於等於 0 dBZ。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。



Thu

Fri



Sat

All

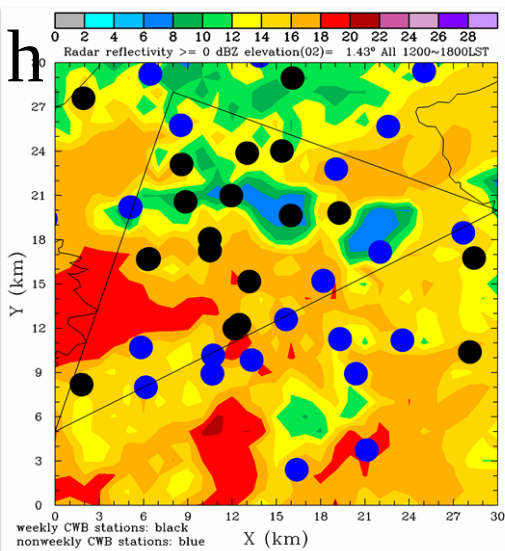
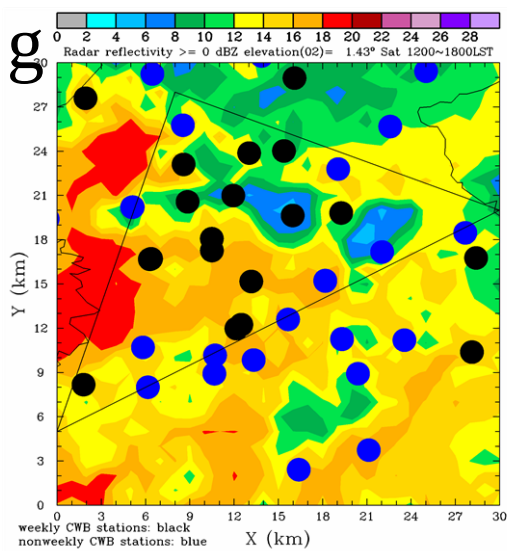


圖 4.7 (續)

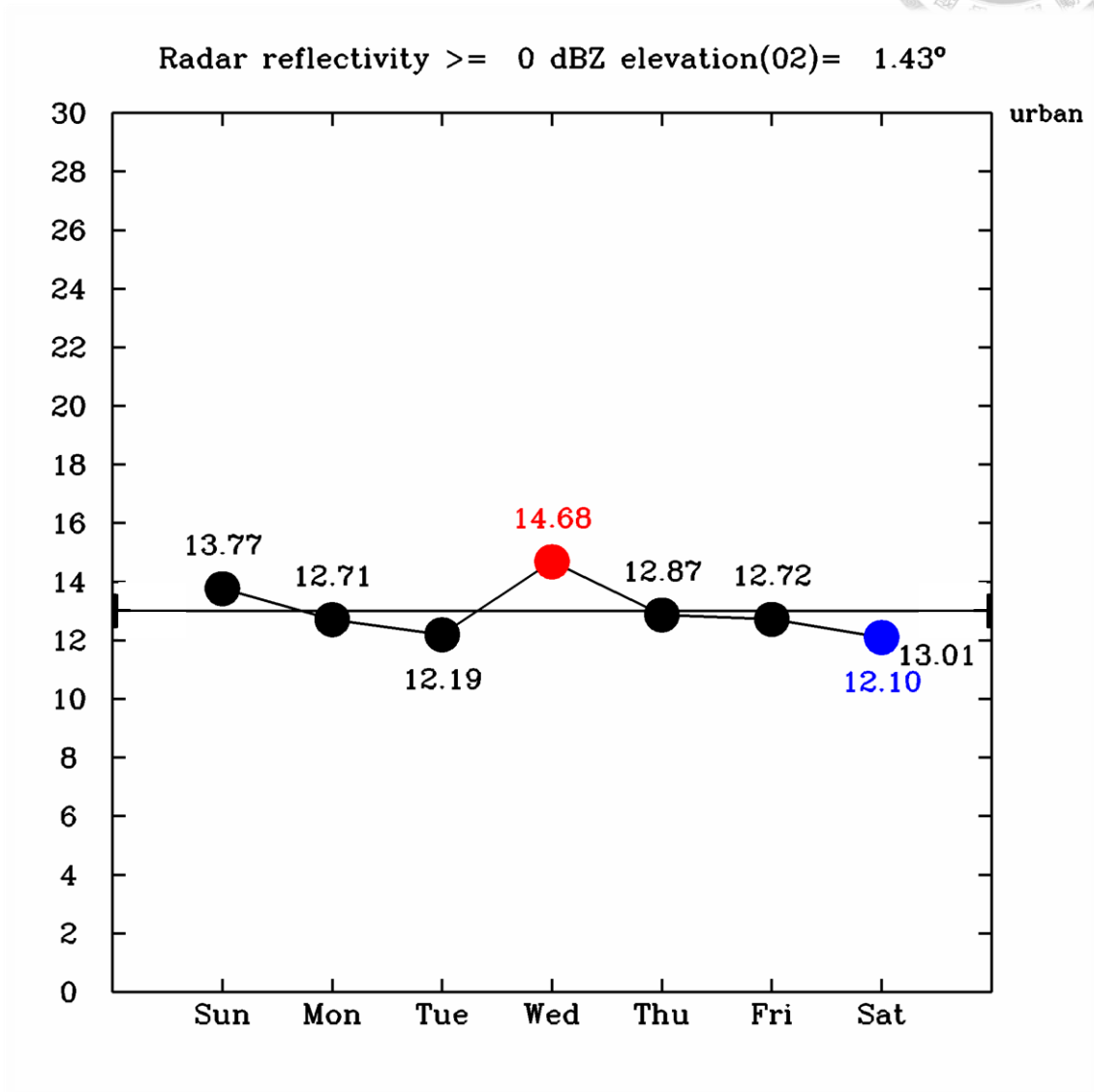


圖 4.8 承圖 4.7 各圖取本研究所定義的三角形都會區範圍所有網格點取空間上平均所得平均雷達回波週間圖，圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示，水平直線則為週日到週六所有天數的平均值。

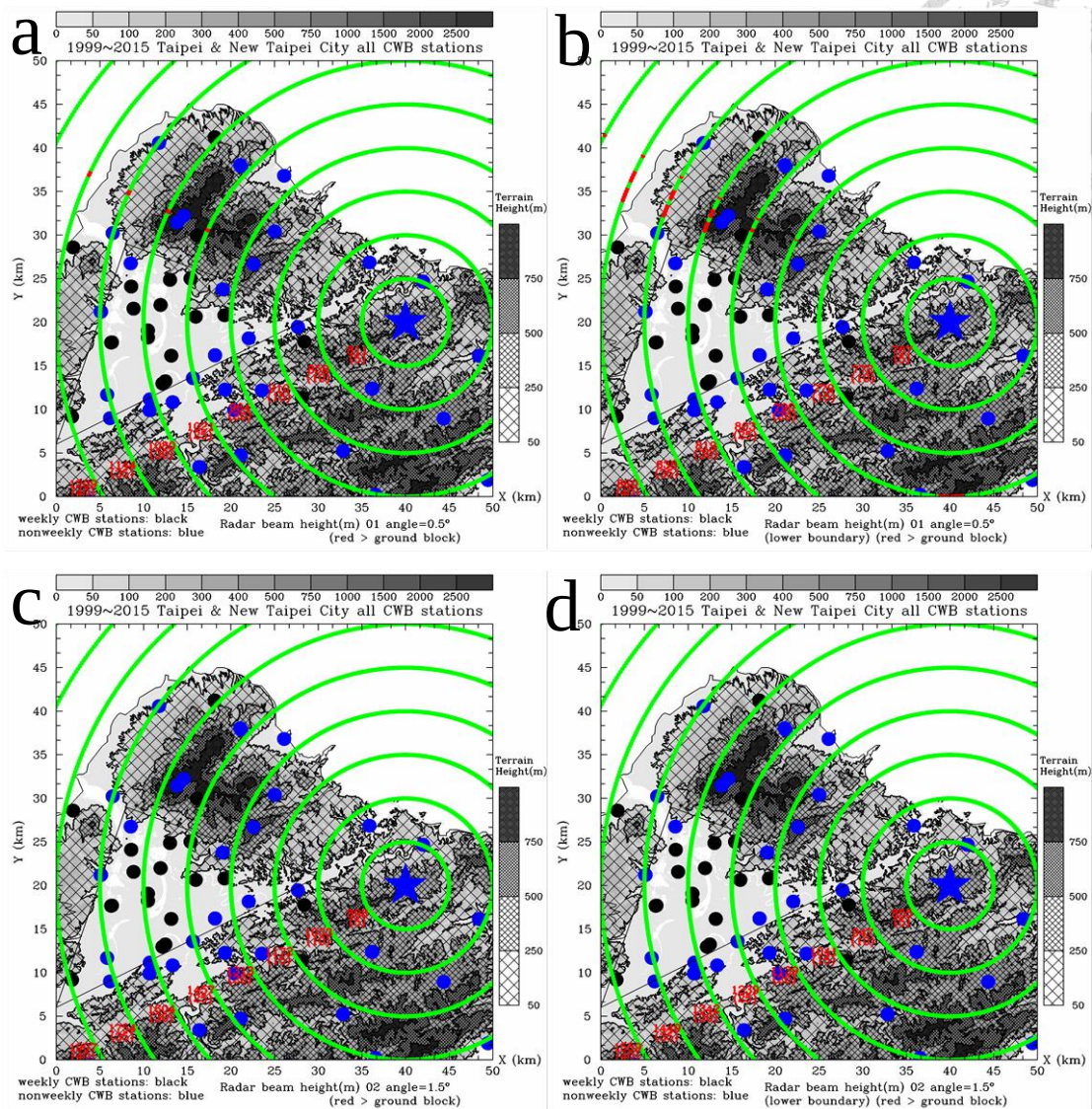


圖 4.9 五分山雷達波束距離地表高度等值線圖，藍色星形為五分山雷達的位置，同心圓為五分山雷達波束傳遞到該水平距離時距離地面高度等高度線，其高度值標示在圖片左下方(單位:m)，括號內的數值為其水平距離(單位:km)，同心圓之中綠色的部分表示該位置雷達波束高度比該地地形還要高，雷達不會出現地形阻擋；紅色的部分則是該位置雷達波束高度比該地地形還要低，雷達將會被地形阻擋，而出現地形雜波。(a)-(d)分別為第一層仰角(0.5 度)的雷達波束正中心、(b)為第一層仰角的雷達波束下邊界、(c)為第二層仰角(1.5 度)的雷達波束正中心、(d)為第二層仰角的雷達波束下邊界為參考計算。其中因雷達波束角解析度為 1 度，故下邊界即是該仰角值再減去 0.5 度所得之仰角值。

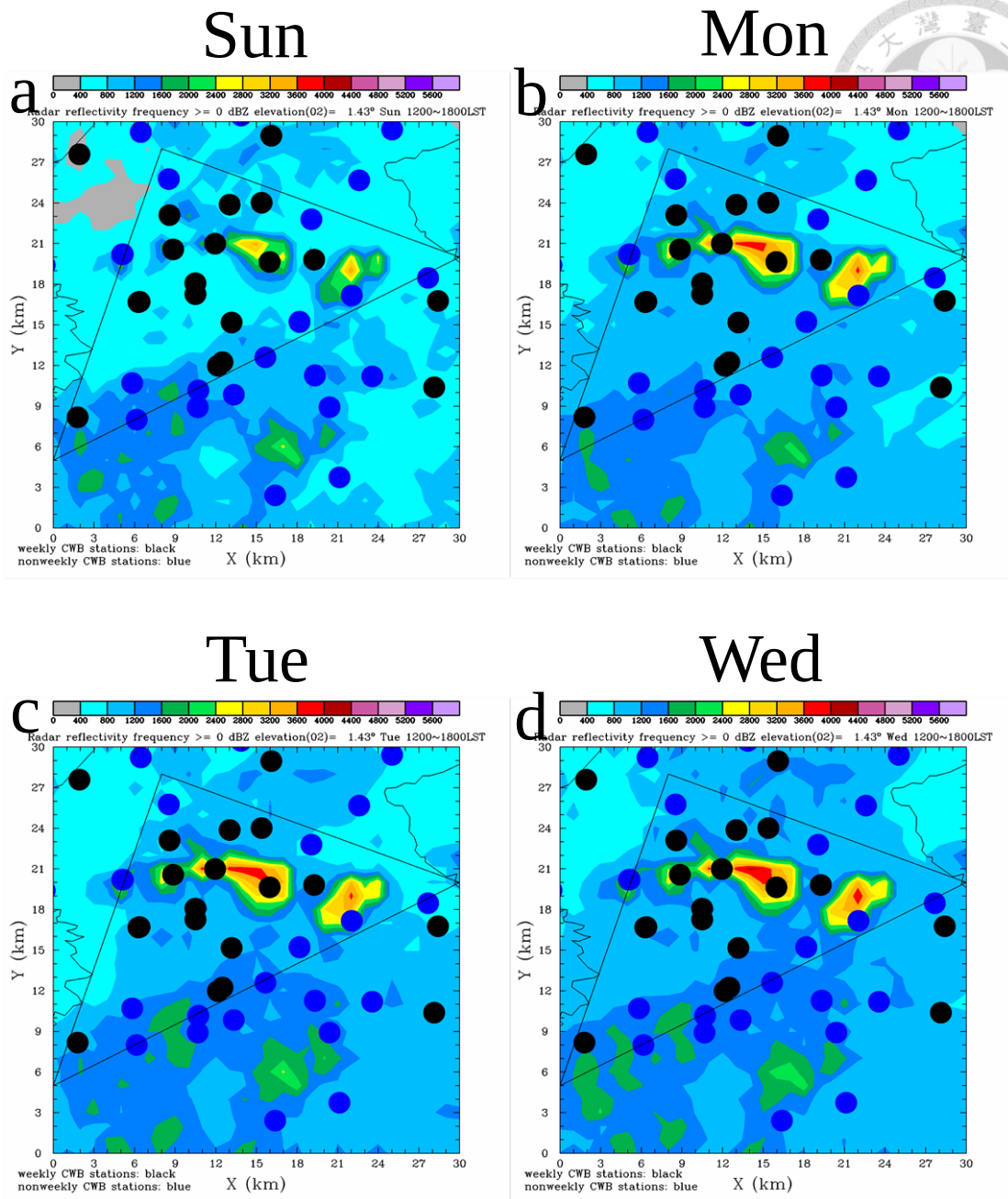
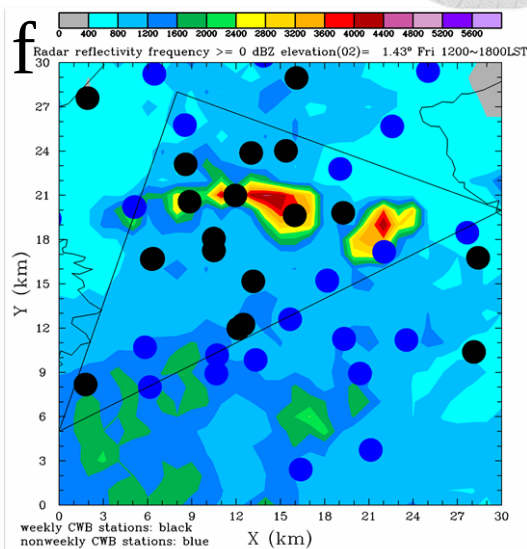
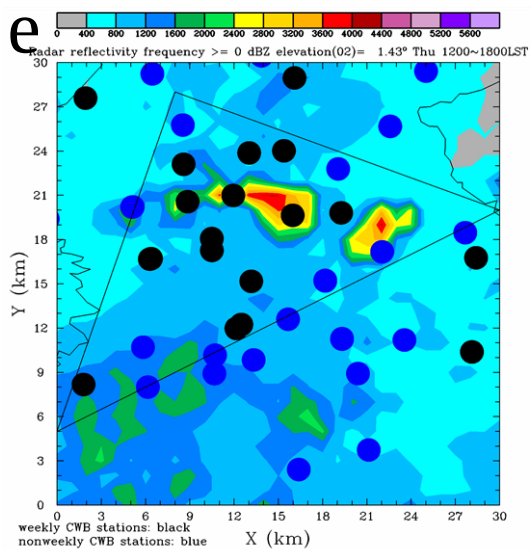


圖 4.10 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)所有五分山雷達資料(第二層仰角 1.5 度)累積雷達回波頻率值分布圖(網格解析度為 1km)，門檻值為大於等於 0 dBZ。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。



Thu

Fri



Sat

All

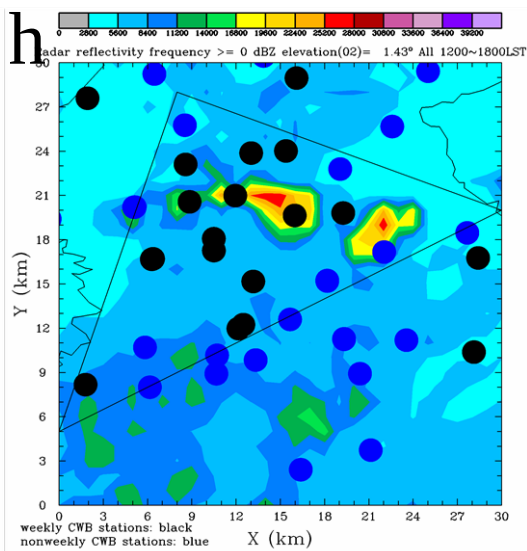
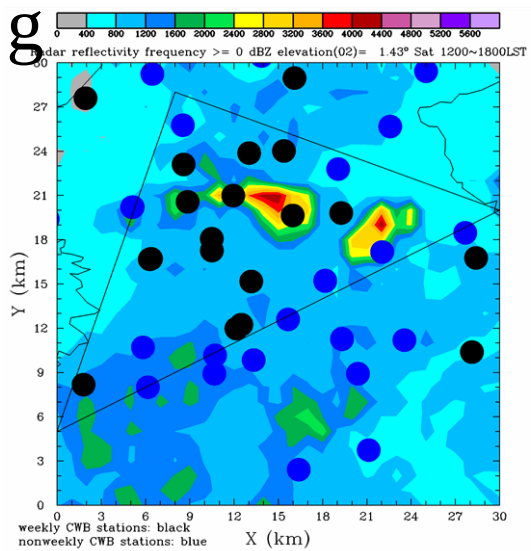


圖 4.10 (續)

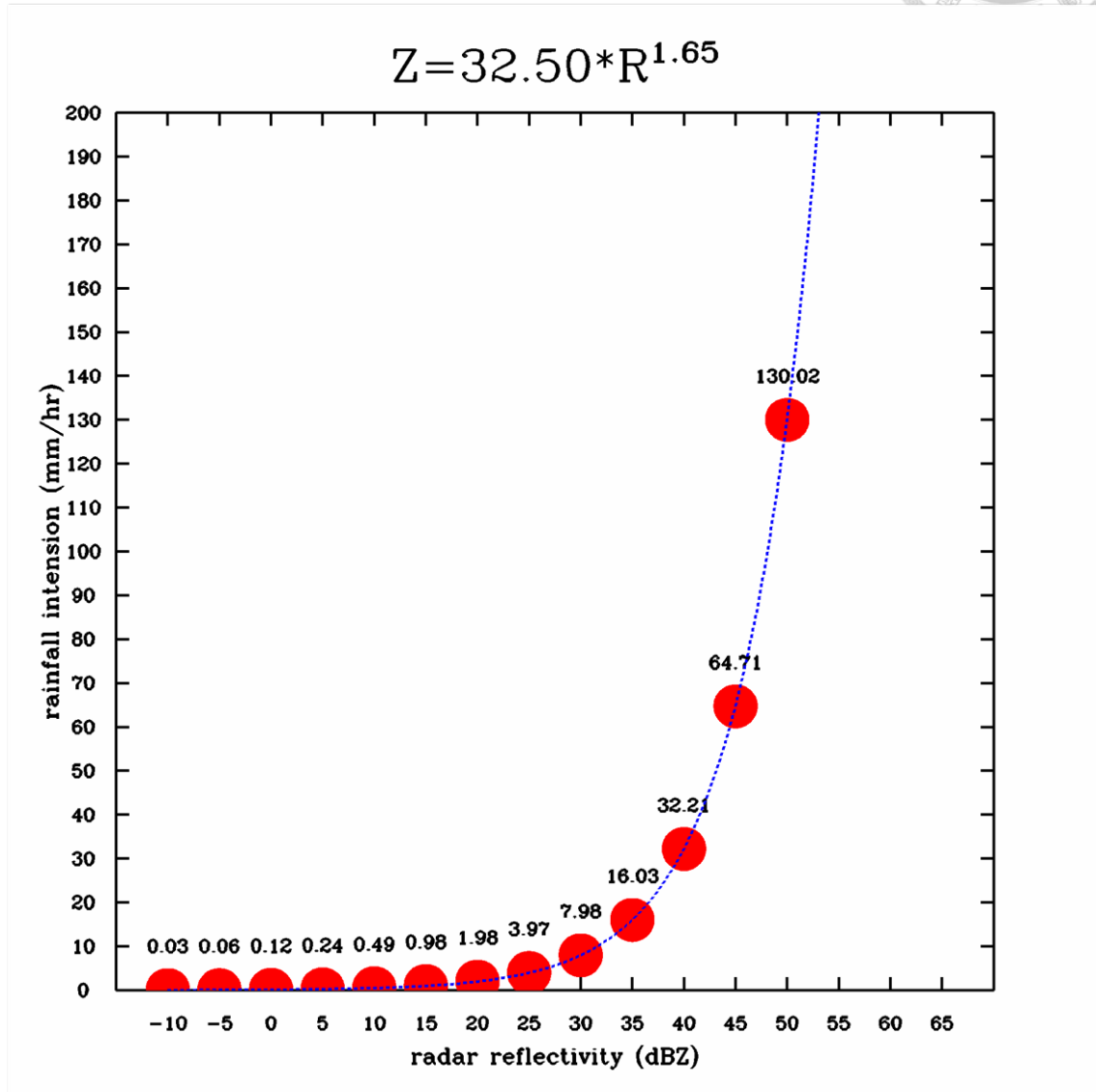


圖 4.11 對流性降水 Z-R 關係式(Xin et al. 1997)如藍色虛線所示，其中 Z 為雷達回波因子(radar reflectivity factor)，單位為 $\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$ ，R 為降雨強度，單位為 mm h^{-1} 。而 $\text{dBZ} = 10 * \log_{10} Z$ 。其中紅色圓點上面所標示為每一個 dBZ 值所對應到其降雨強度 R 值大小。

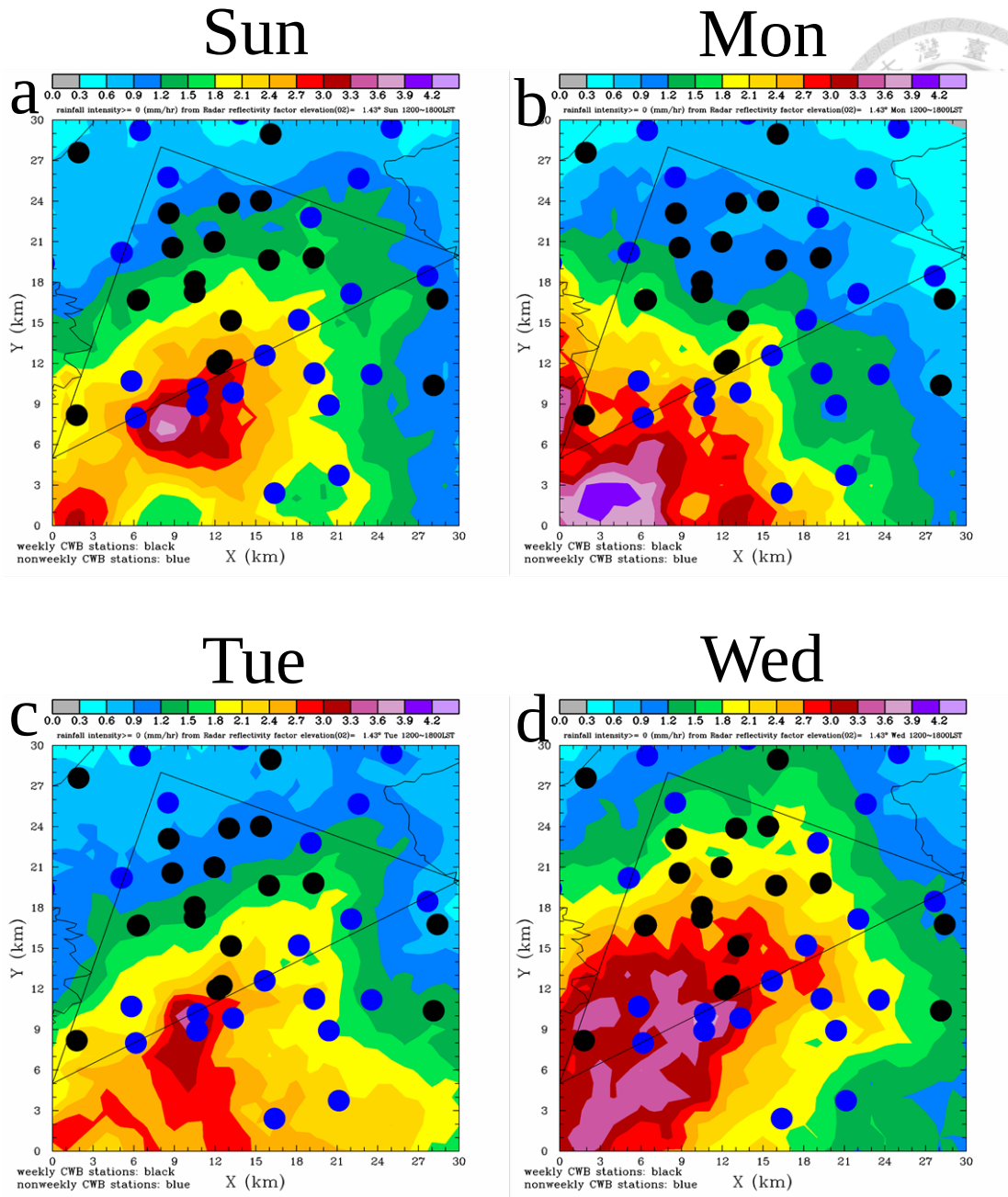
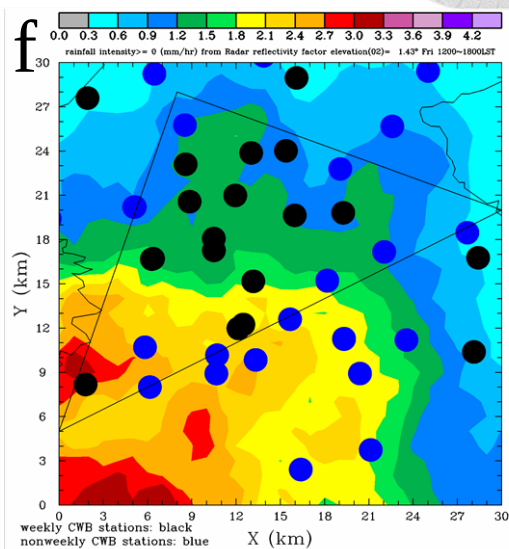
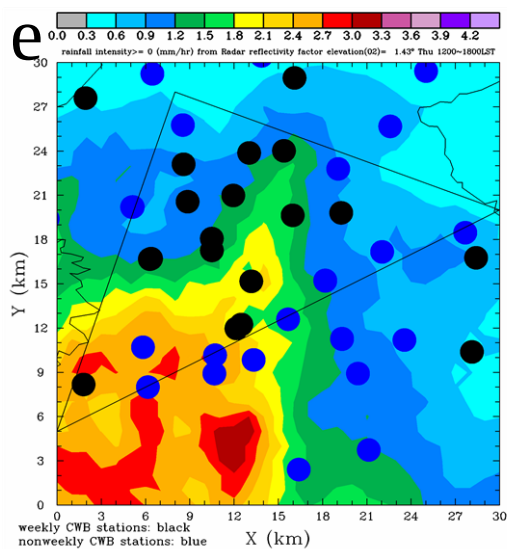


圖 4.12 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)所有五分山雷達資料(第二層仰角 1.5 度)先透過 Z-R 關係式回推降雨強度後再取平均值之分布圖(網格解析度為 1km)，門檻值為大於 0 mm h^{-1} 。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站標記黑色圓點，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色圓點標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。



Thu

Fri



Sat

All

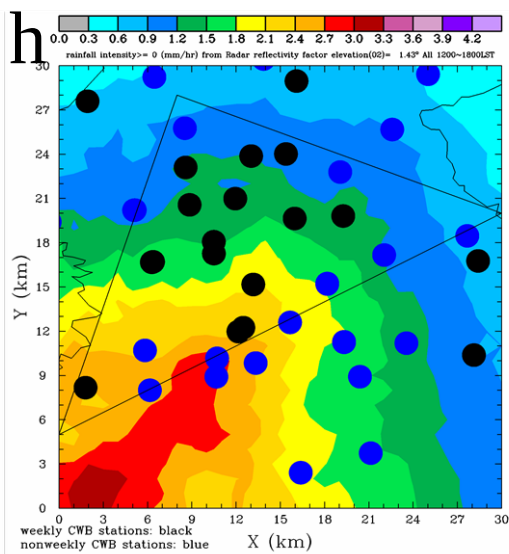
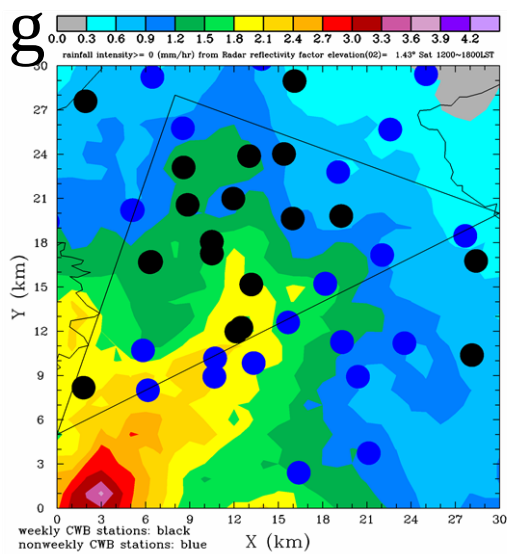


圖 4.12 (續)

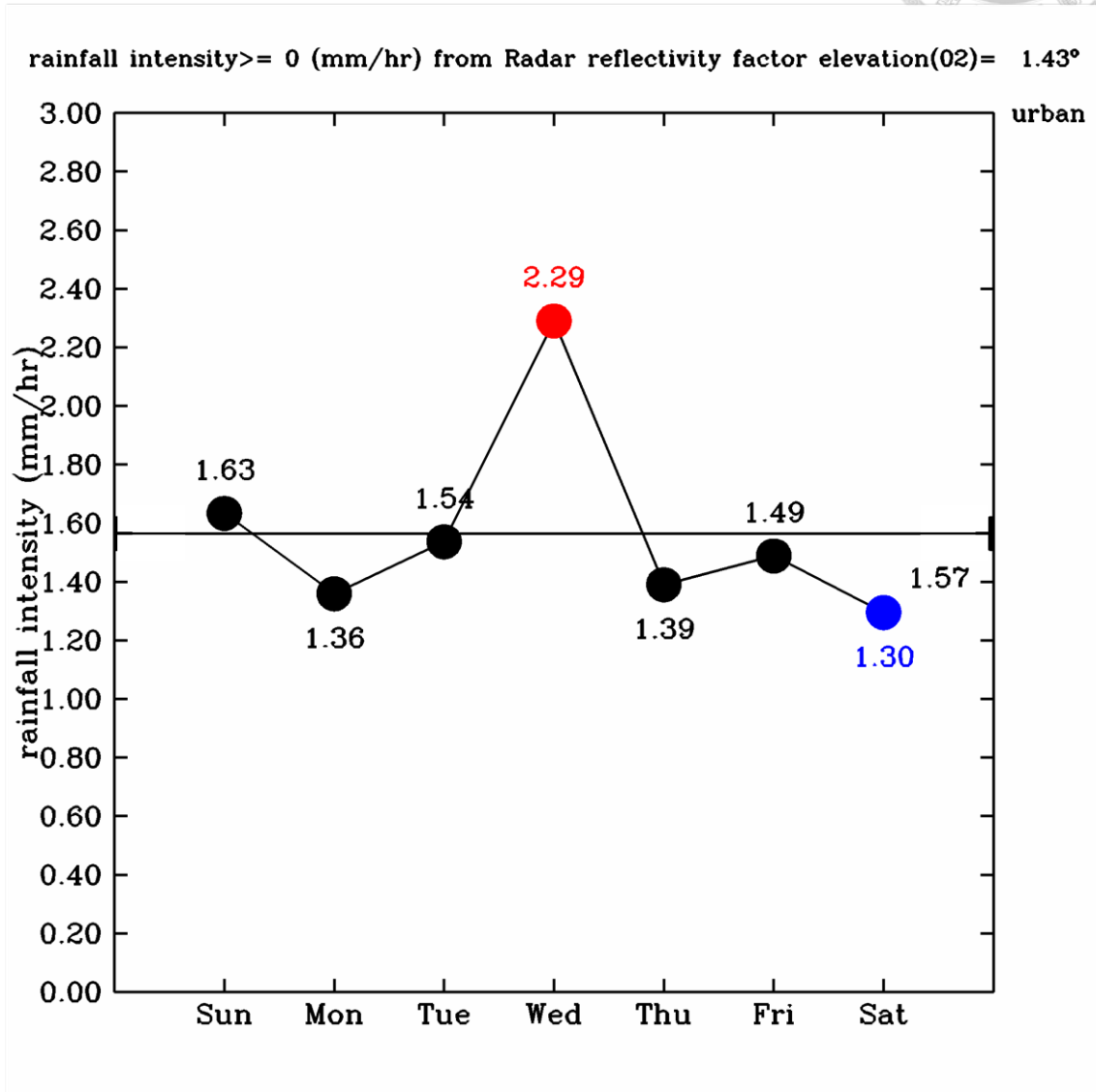


圖 4.13 承圖 4.12 各圖，取本研究所定義的三角形都會區範圍所有網格點取空間上平均所得雷達回波透過 Z-R 關係式所得平均降雨強度週間圖，圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示，水平直線則為週日到週六所有天數的平均值。

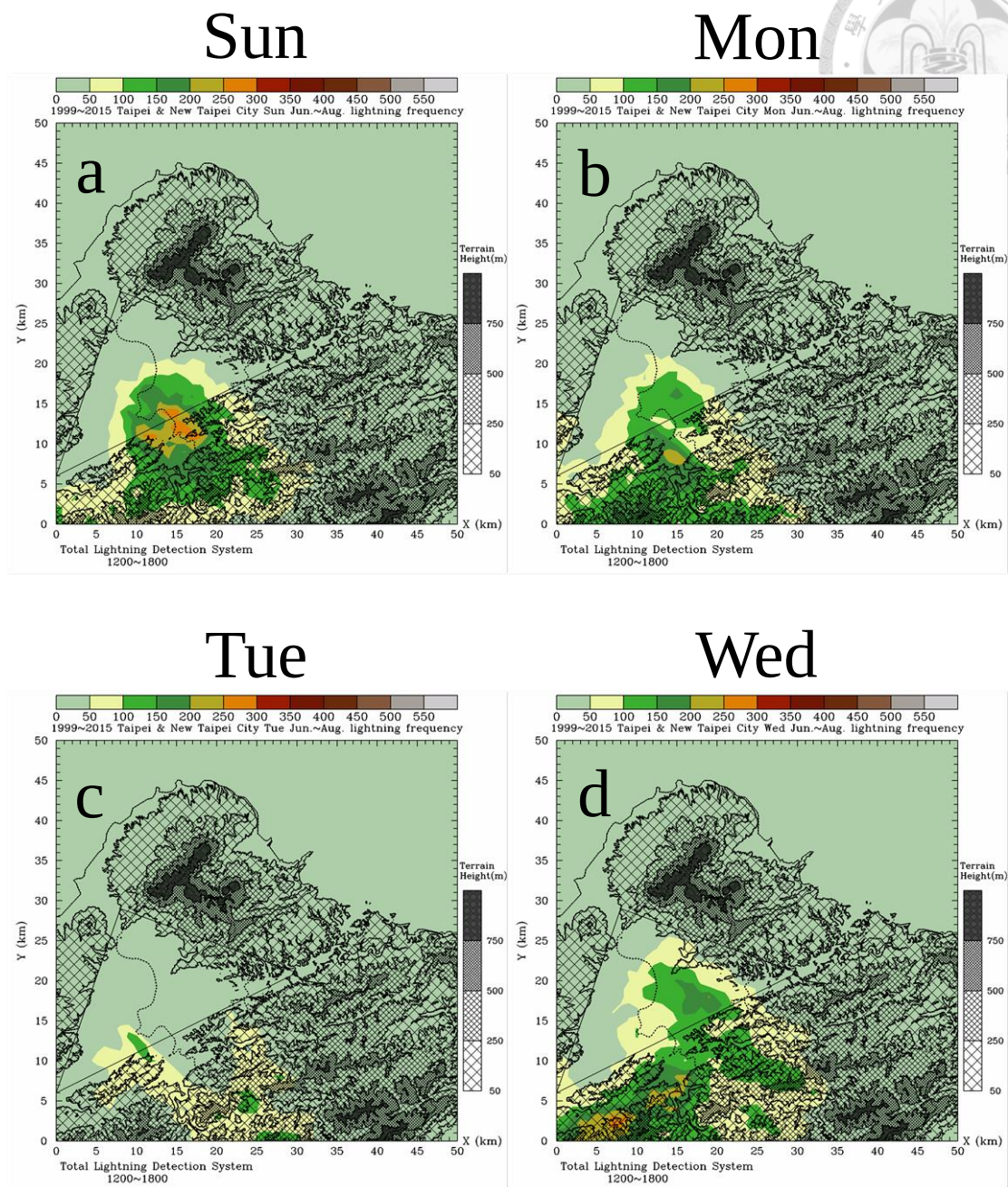
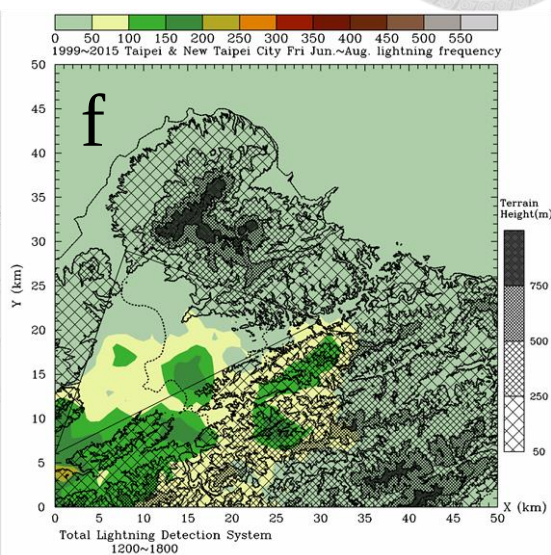
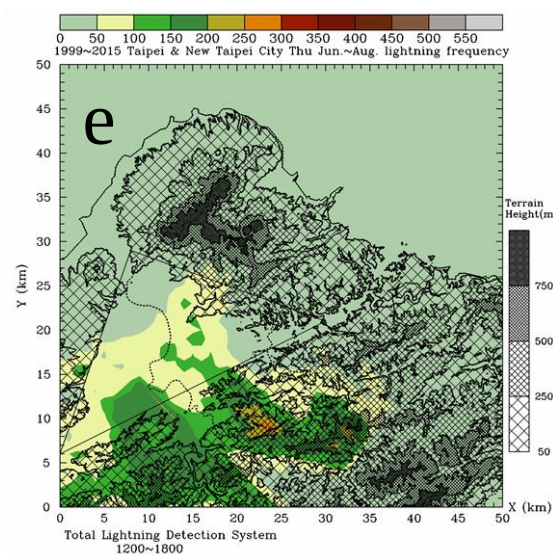


圖 4.14 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後(12:00~18:00)閃電(包含 IC 與 CG 閃電)累積頻率分布圖，其頻率間距如圖上所示。網線是地形高度(單位為 m)，其網線疏密表示不同的高度值。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。都會區內的黑色虛線為台北市與新北市界線。(a-g)分別表示週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六。



Thu

Fri



Sat

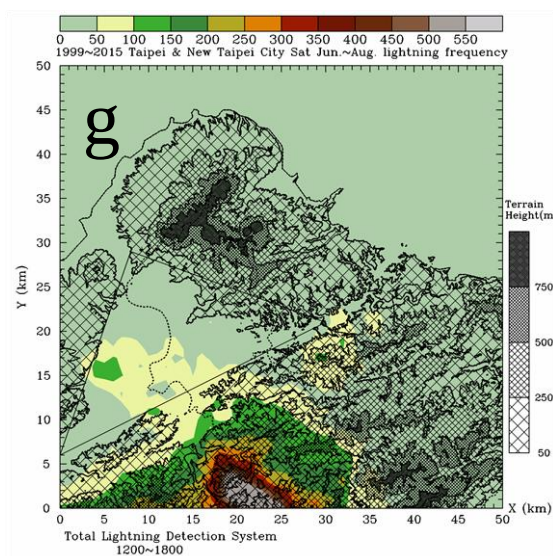


圖 4.14 (續)

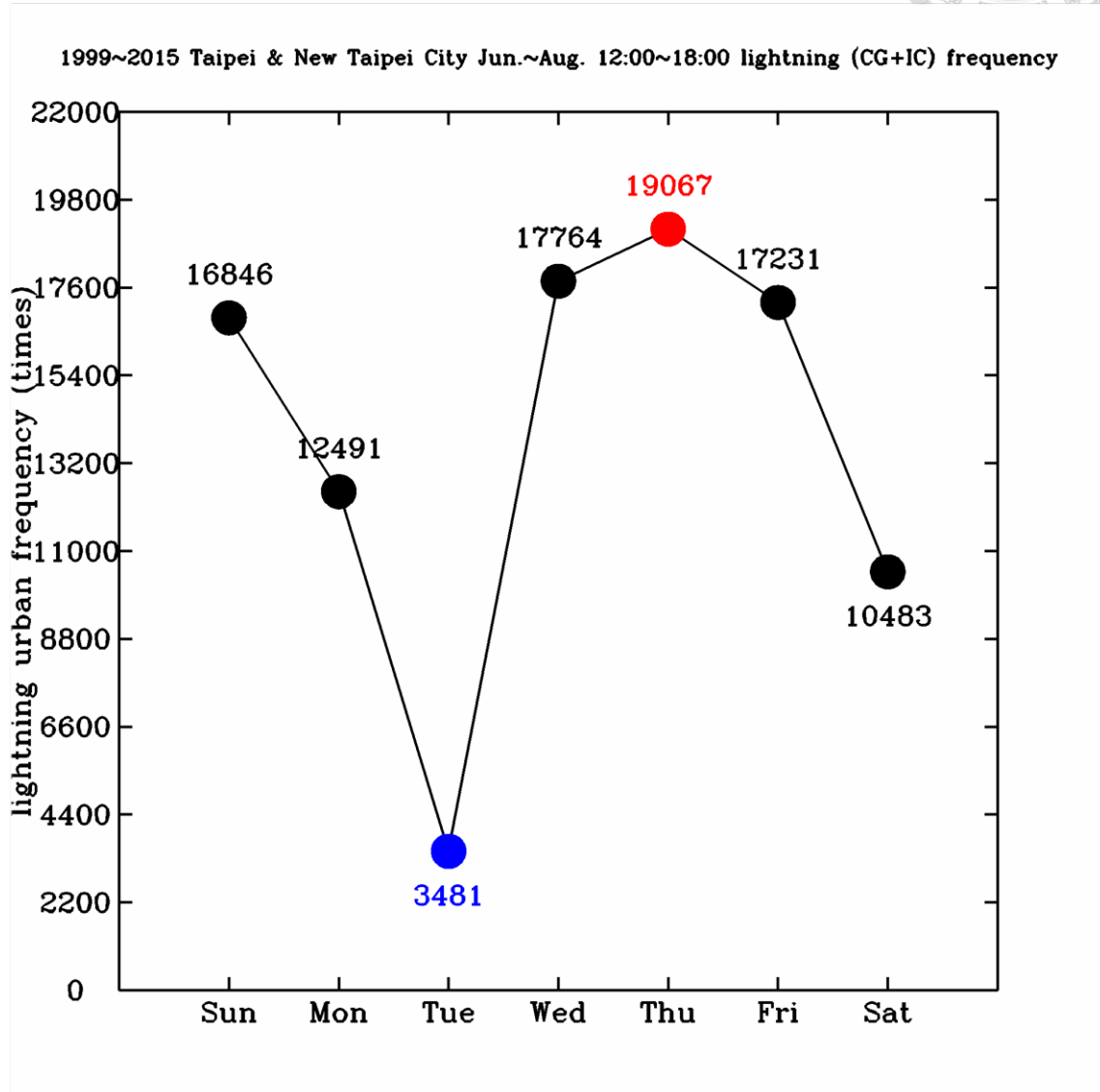


圖 4.15 承圖 4.14 各圖，取本研究所定義的三角形都會區範圍所有網格點累積頻率週間圖(包含 CG 與 IC 閃電)，圓點上標示為其累積頻率值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。

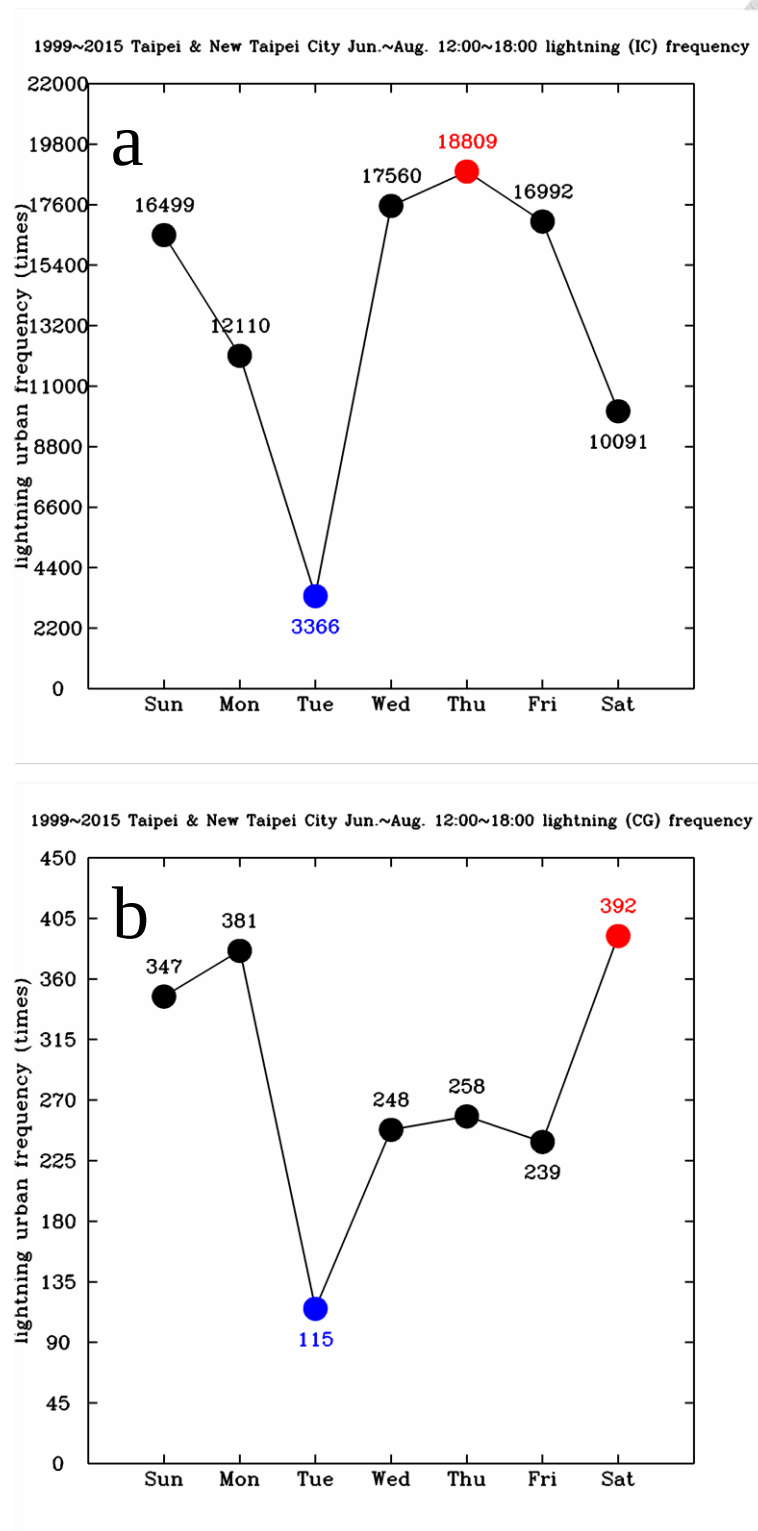


圖 4.16 承圖 4.15 的同樣分析方法，圓點上標示為其累積頻率值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。(a)為 IC 閃電累積頻率；(b)為 CG 閃電累積頻率。

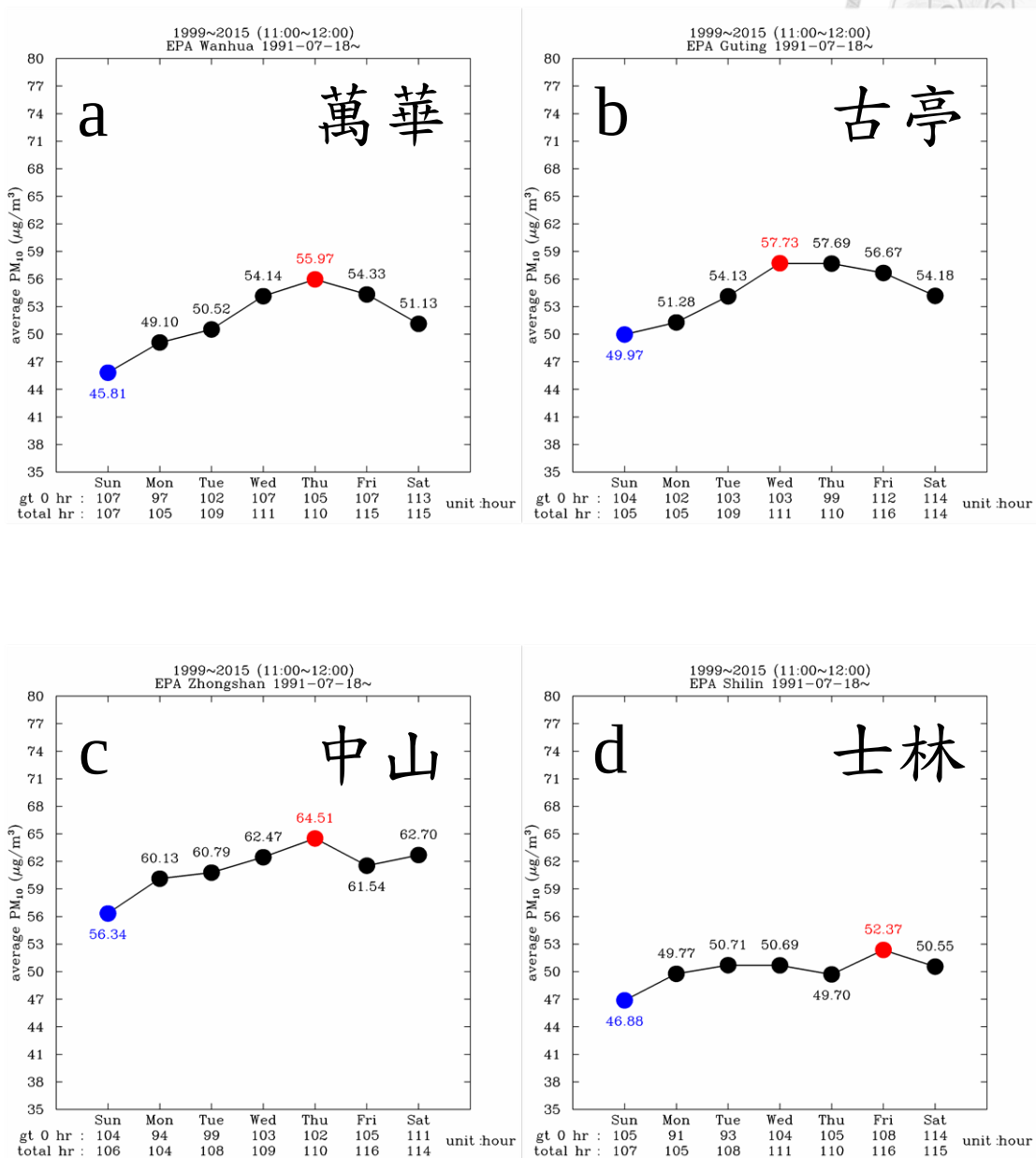


圖 4.17 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)環保署個別測站午前(11:00~12:00)

平均 PM₁₀ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

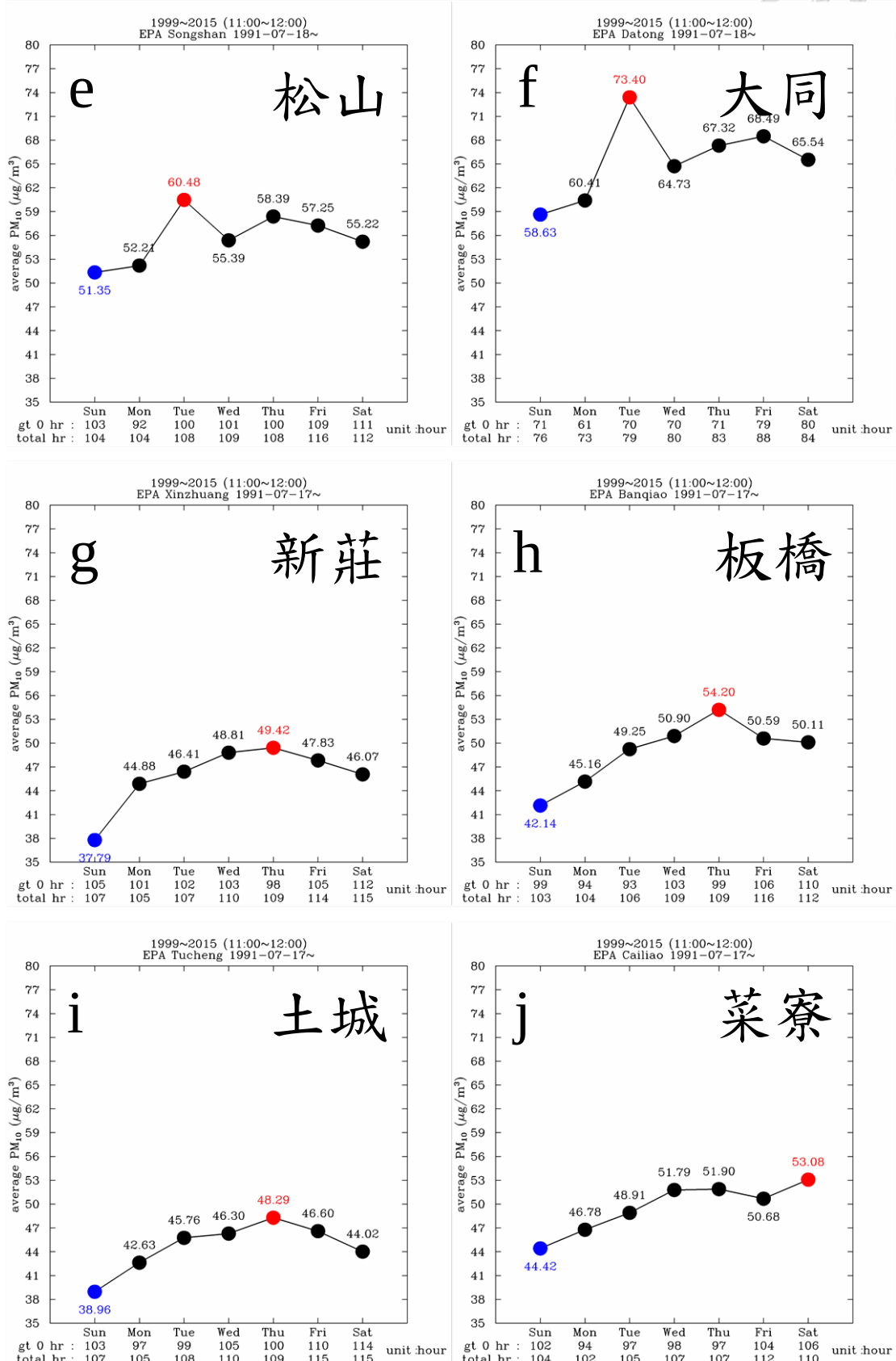


圖 4.17 (續)

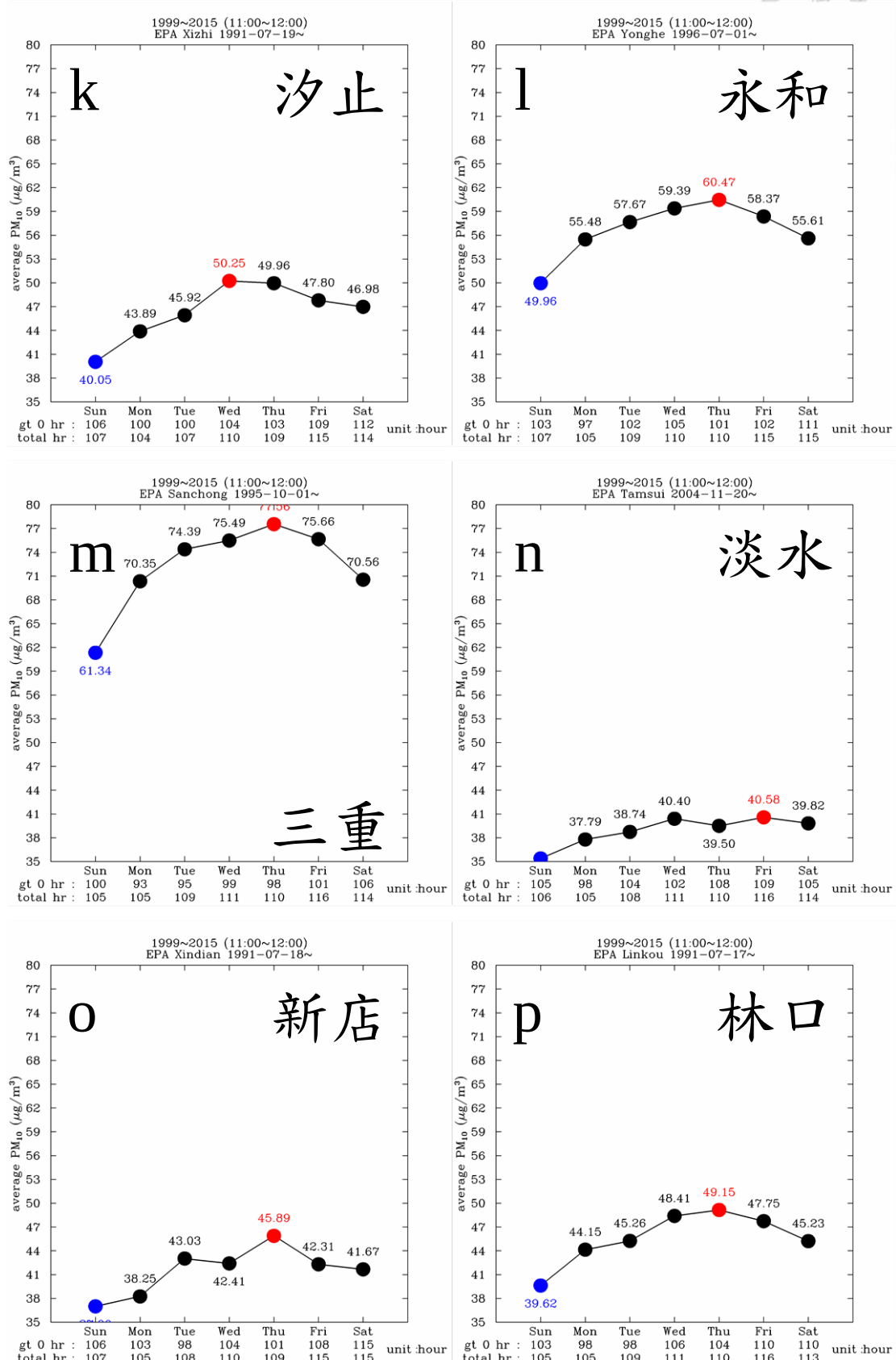


圖 4.17 (續)

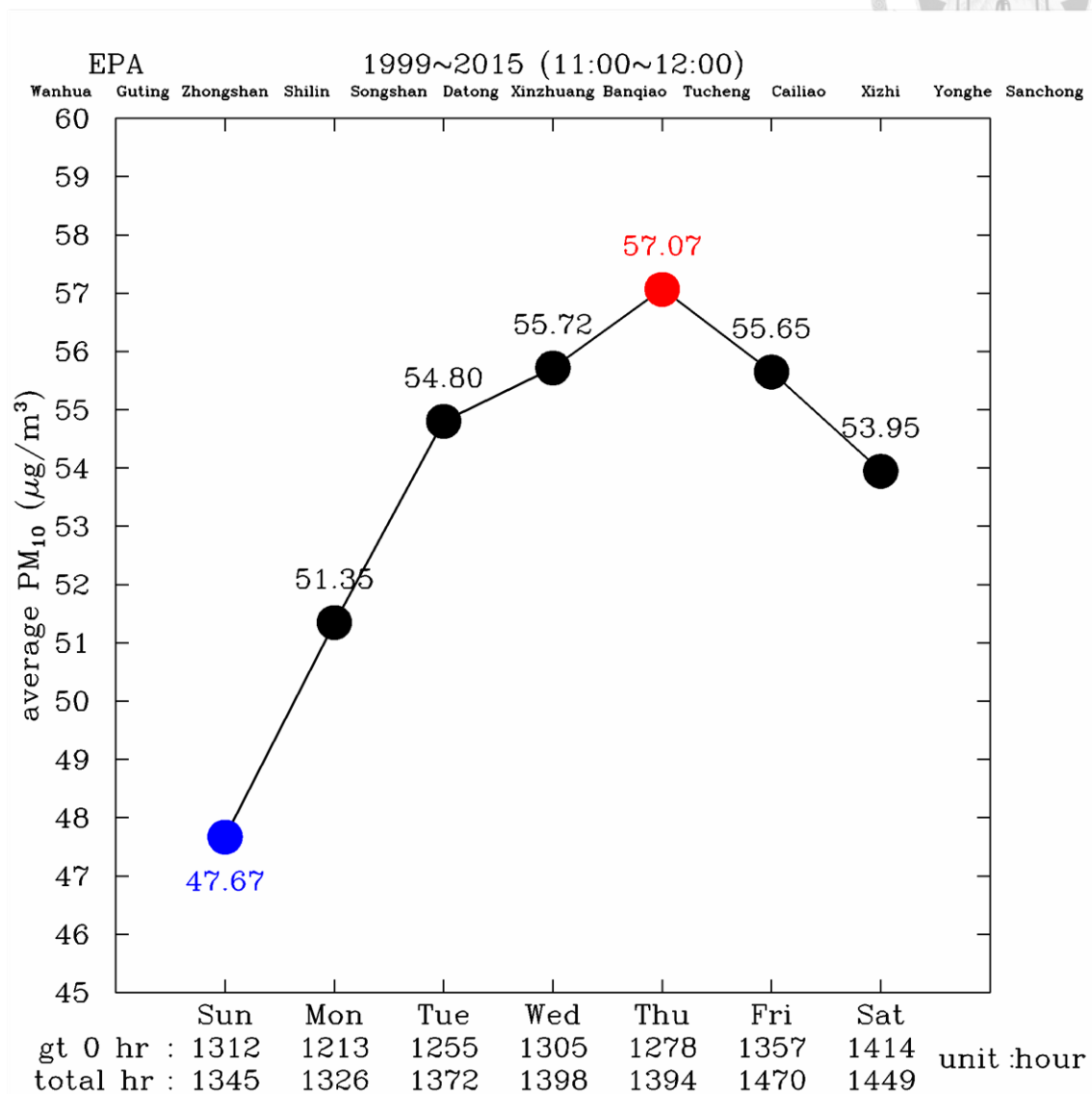


圖 4.18 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 PM₁₀ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

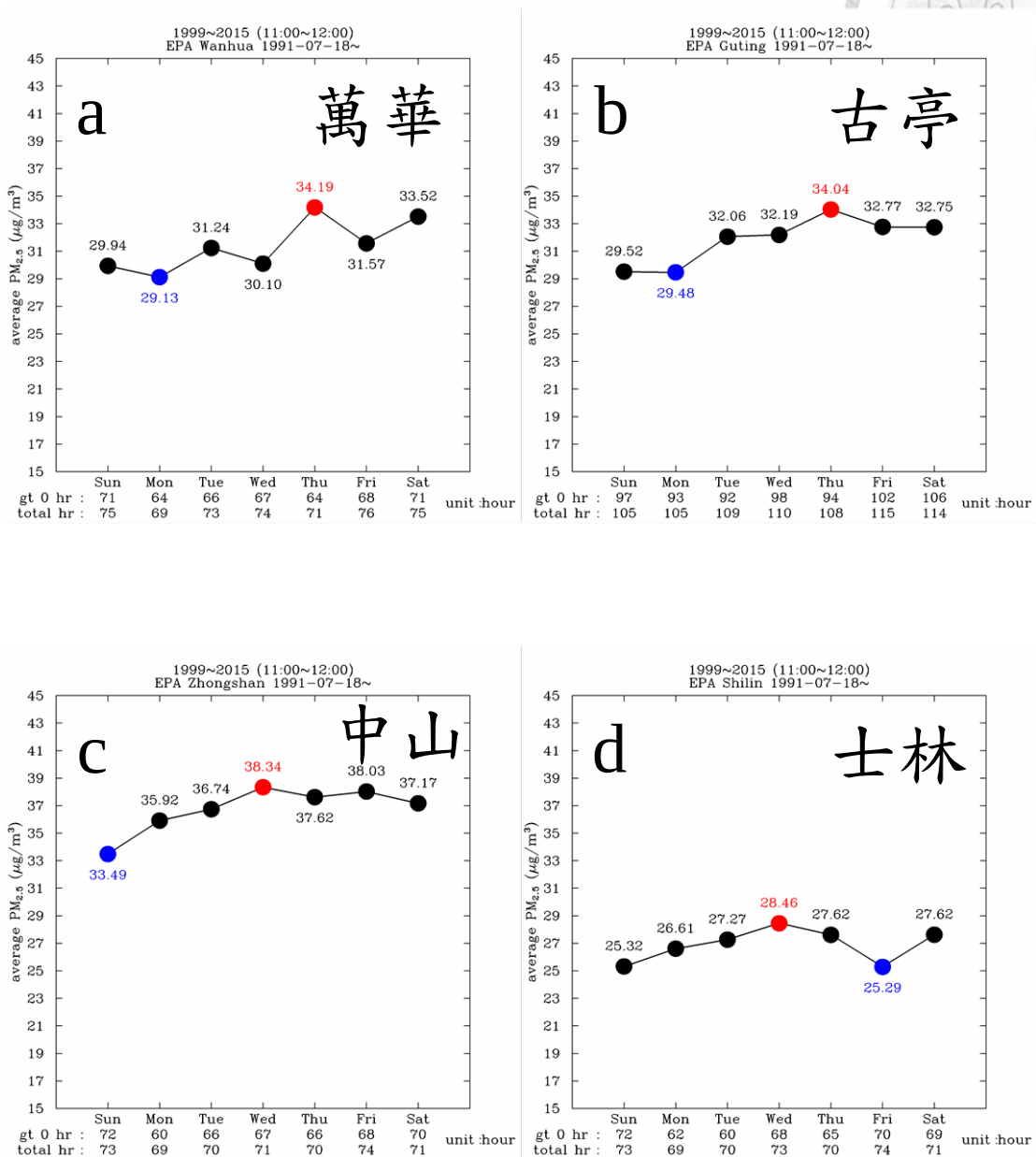


圖 4.19 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)環保署個別測站午前(11:00~12:00)

平均 PM_{2.5} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

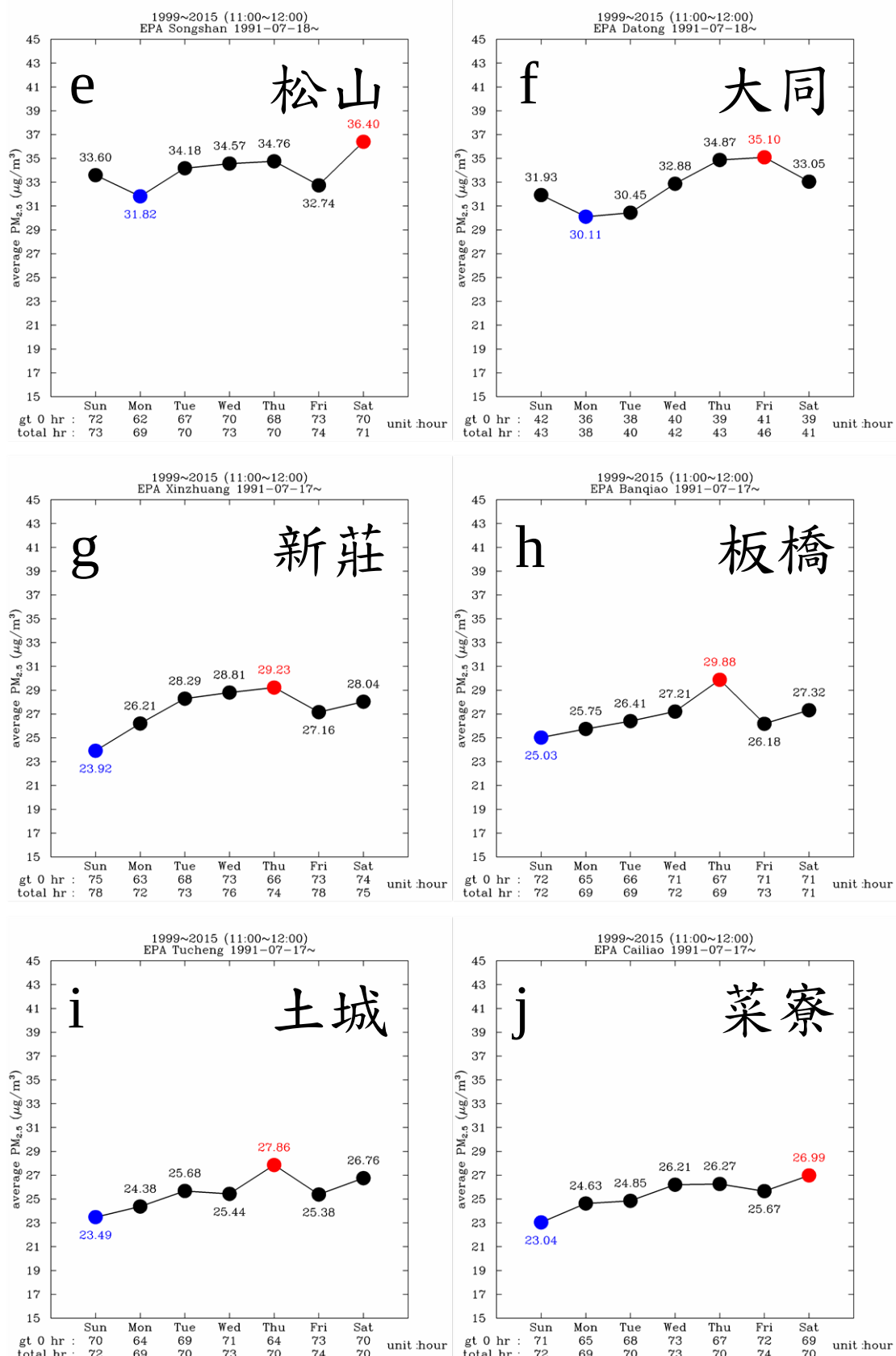


圖 4.19 (續)

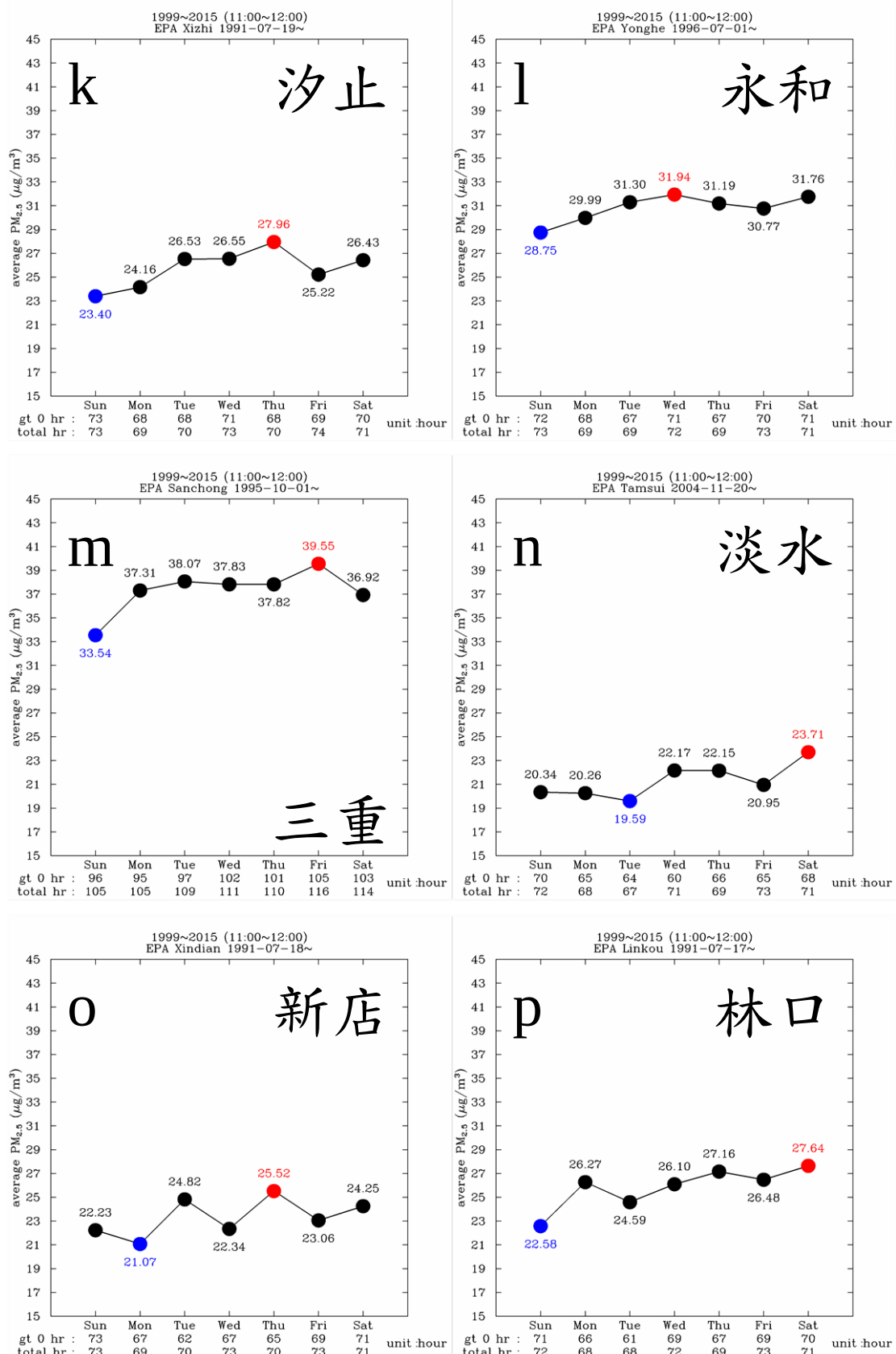


圖 4.19 (續)

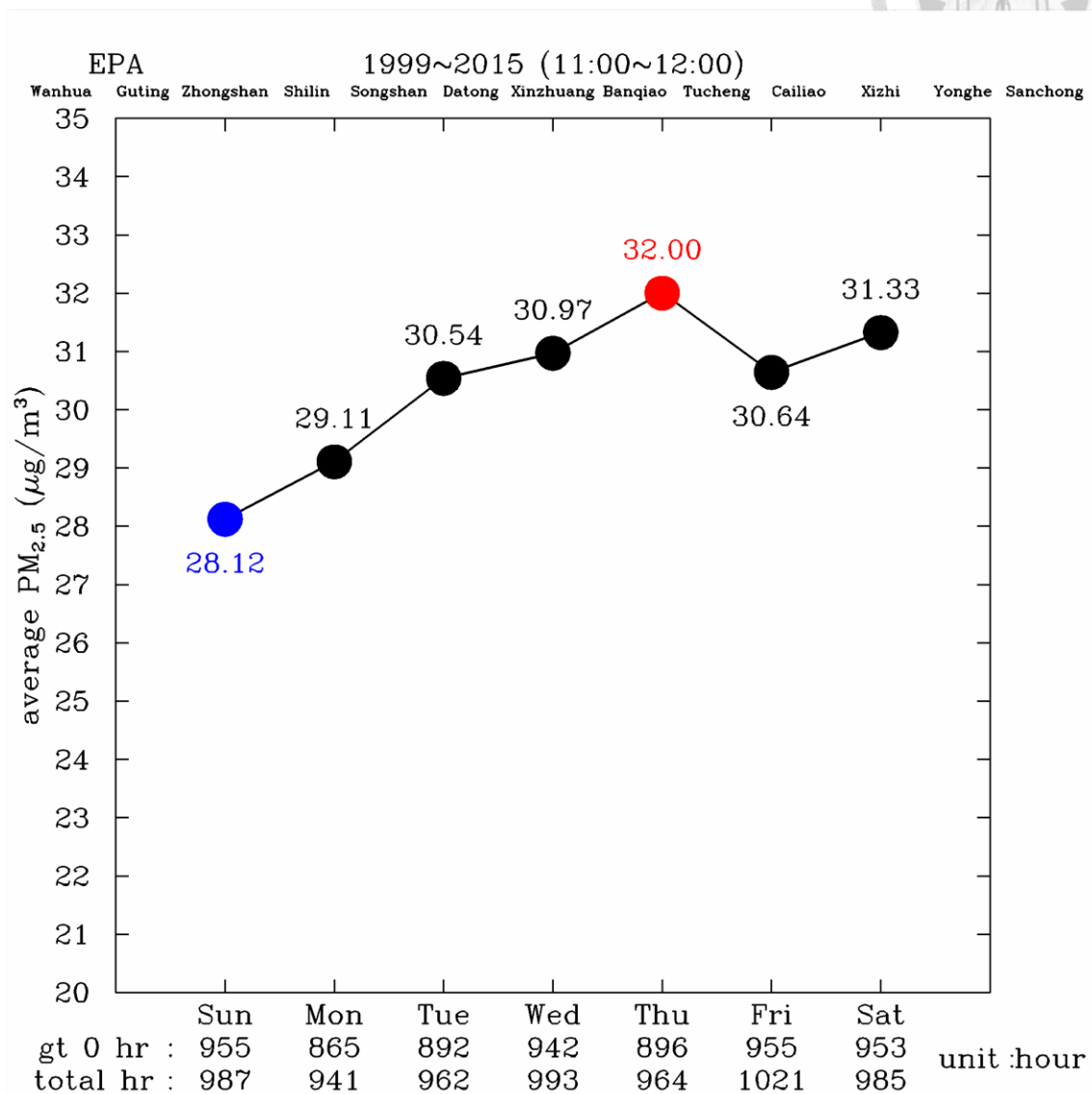


圖 4.20 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 PM_{2.5} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

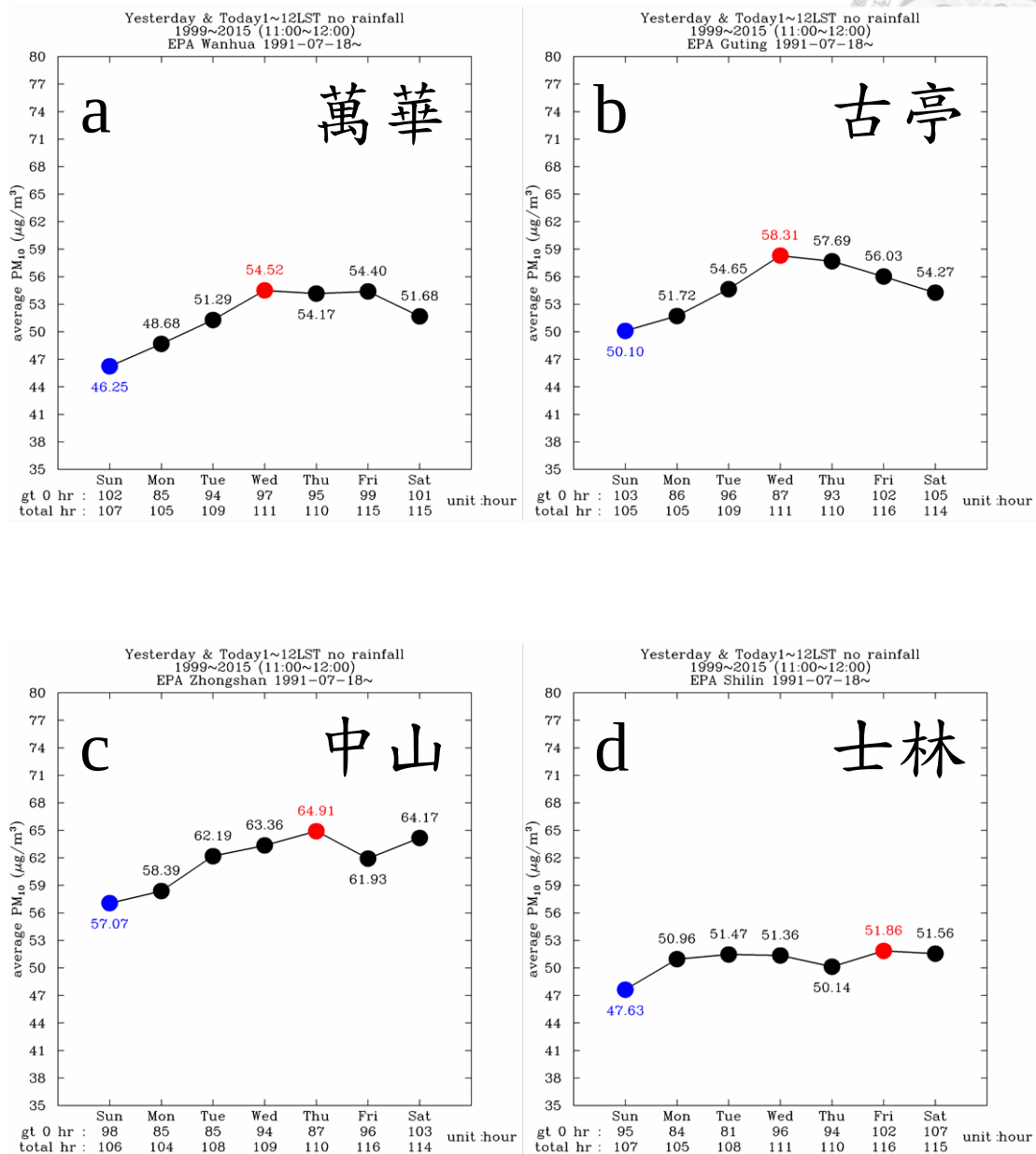


圖 4.21 承圖 4.17，但條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，所得平均 PM₁₀ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu\text{g m}^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

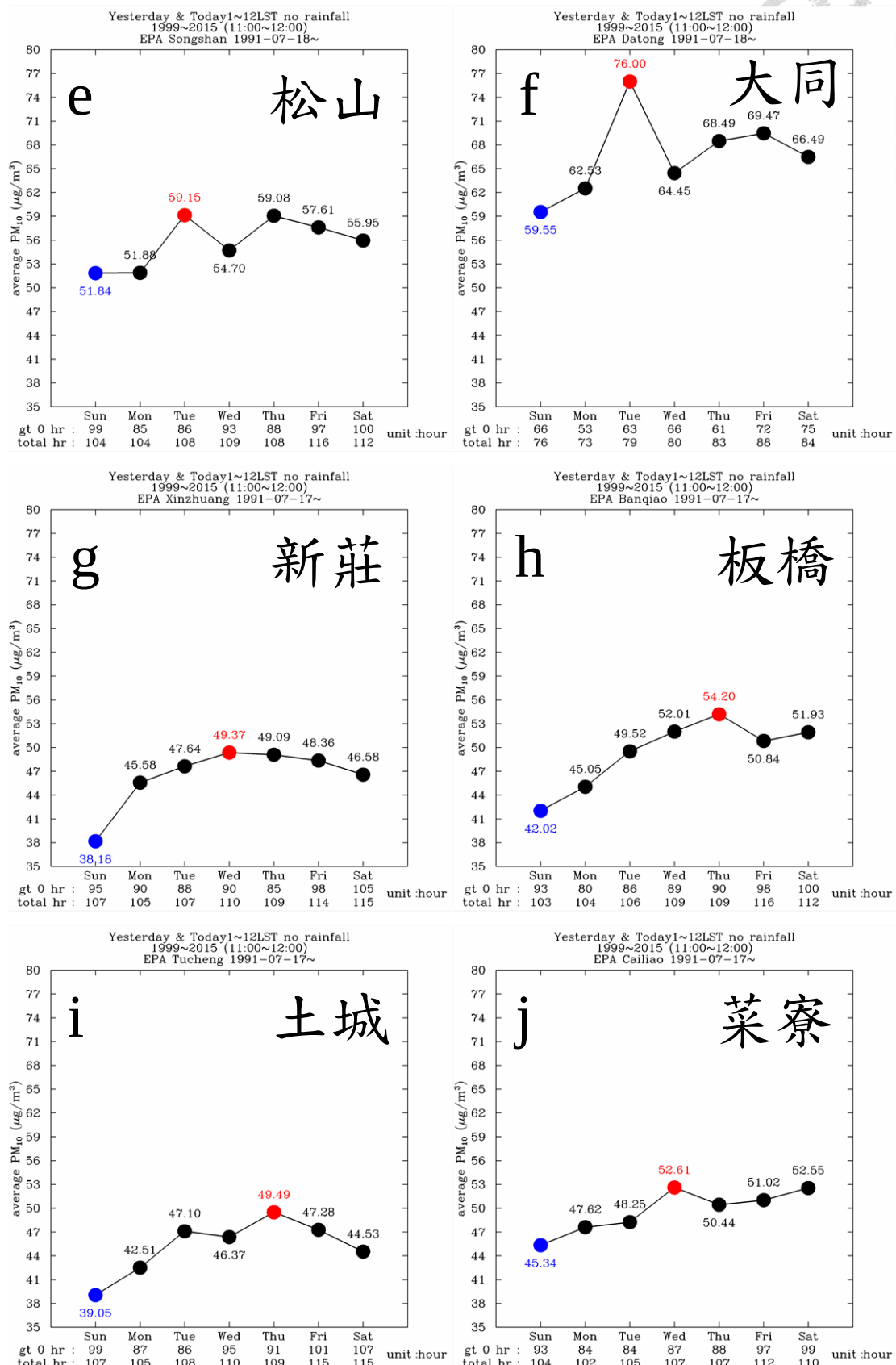


圖 4.21 (續)

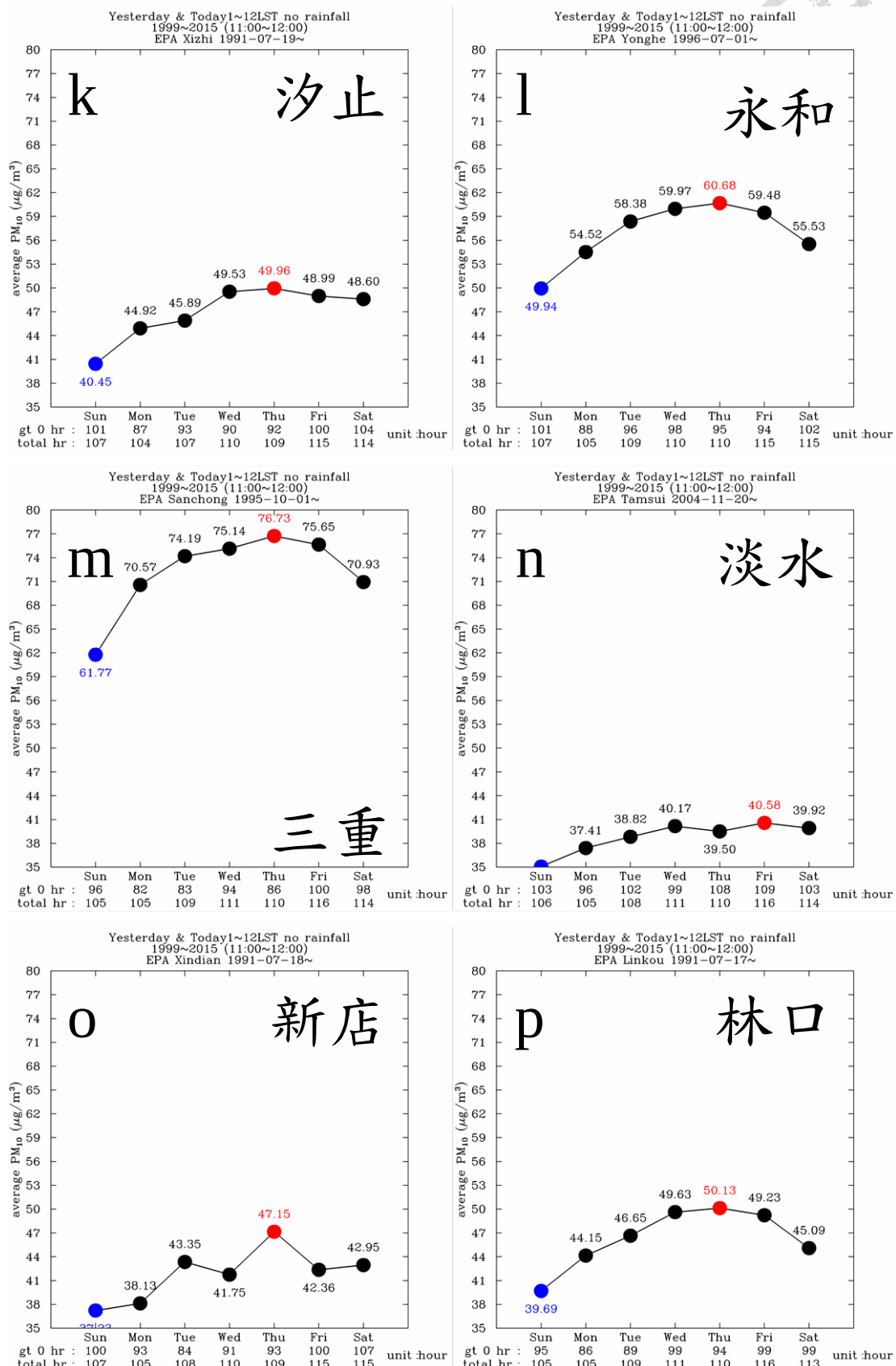


圖 4.21 (續)

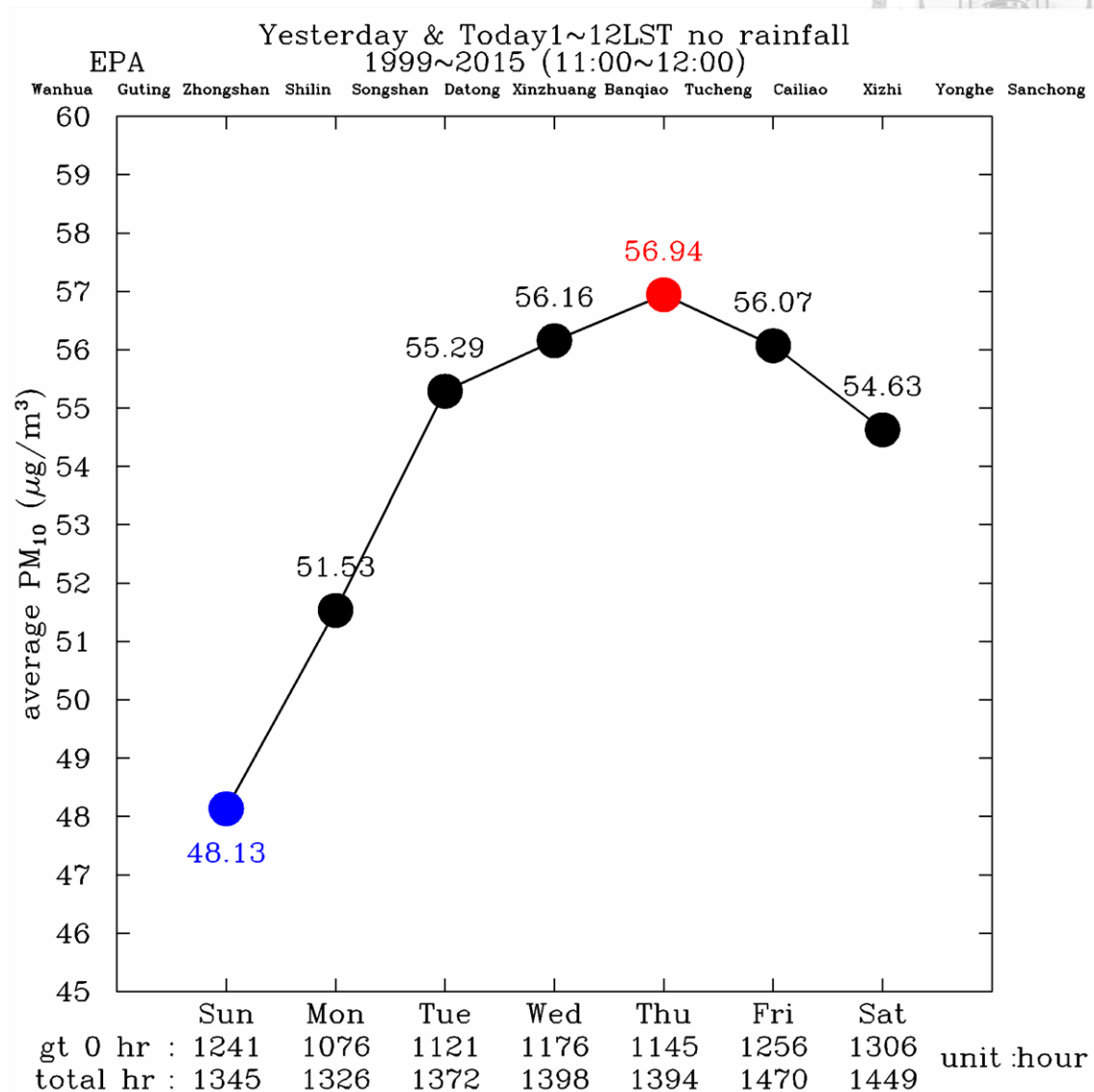


圖 4.22 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)且條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 PM_{10} 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu g/m^3$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

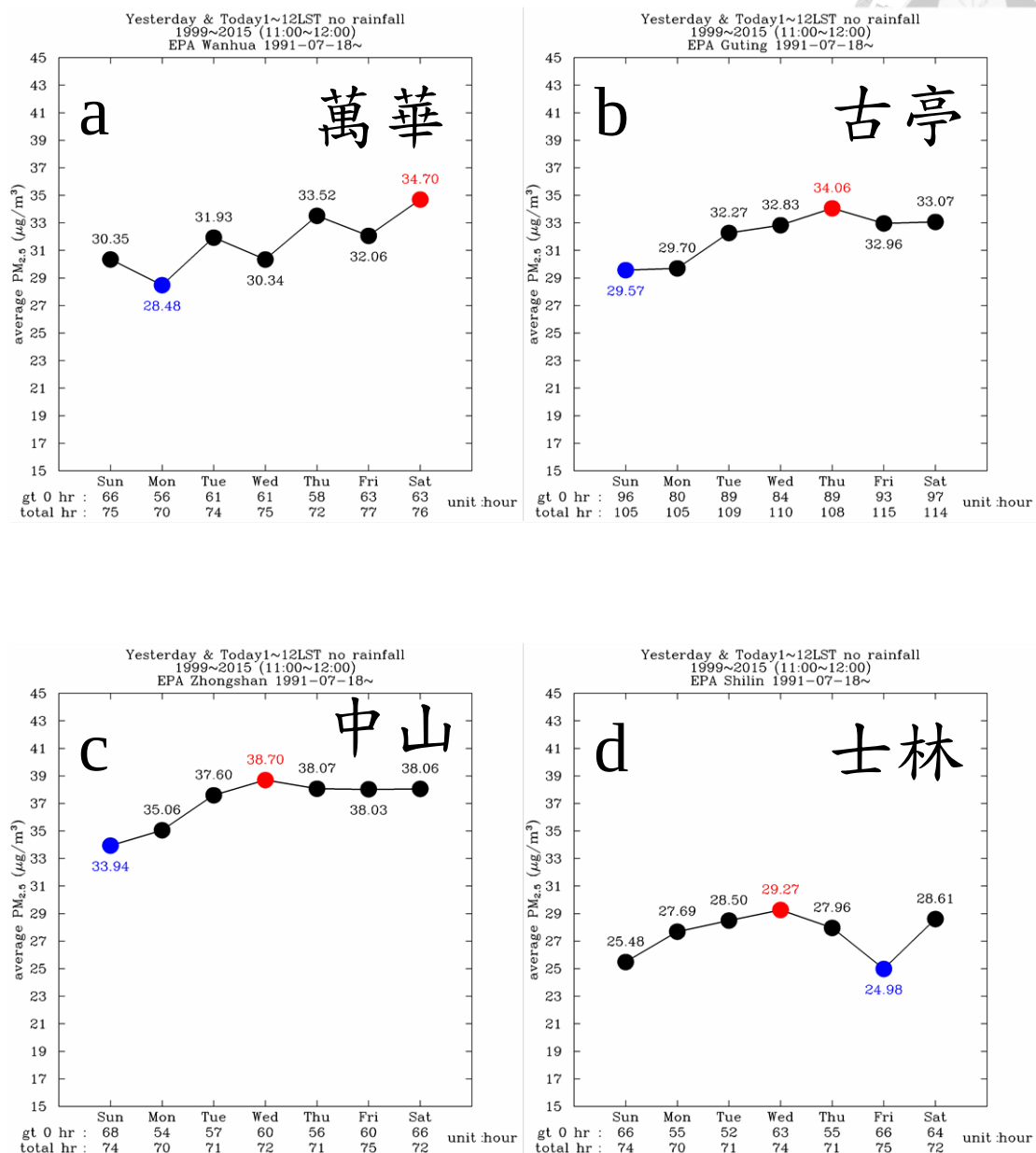


圖 4.23 承圖 4.19，但條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，所得平均 $PM_{2.5}$ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu g m^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。(a-p)分別是萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和、三重、淡水、新店及林口測站。其中除了淡水、新店及林口測站以外的測站皆位在本研究所定義的台北都會區範圍之內。

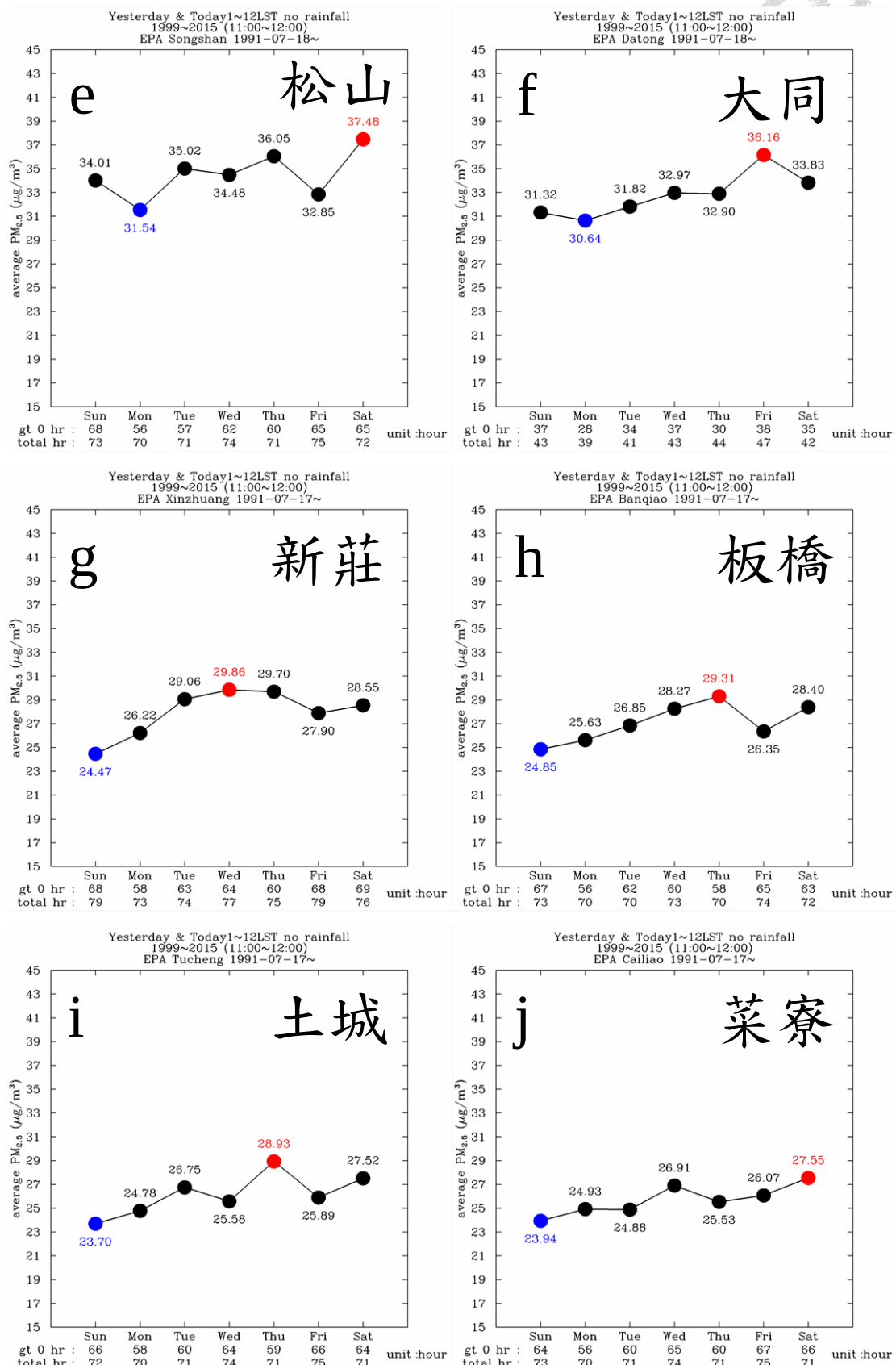


圖 4.23 (續)

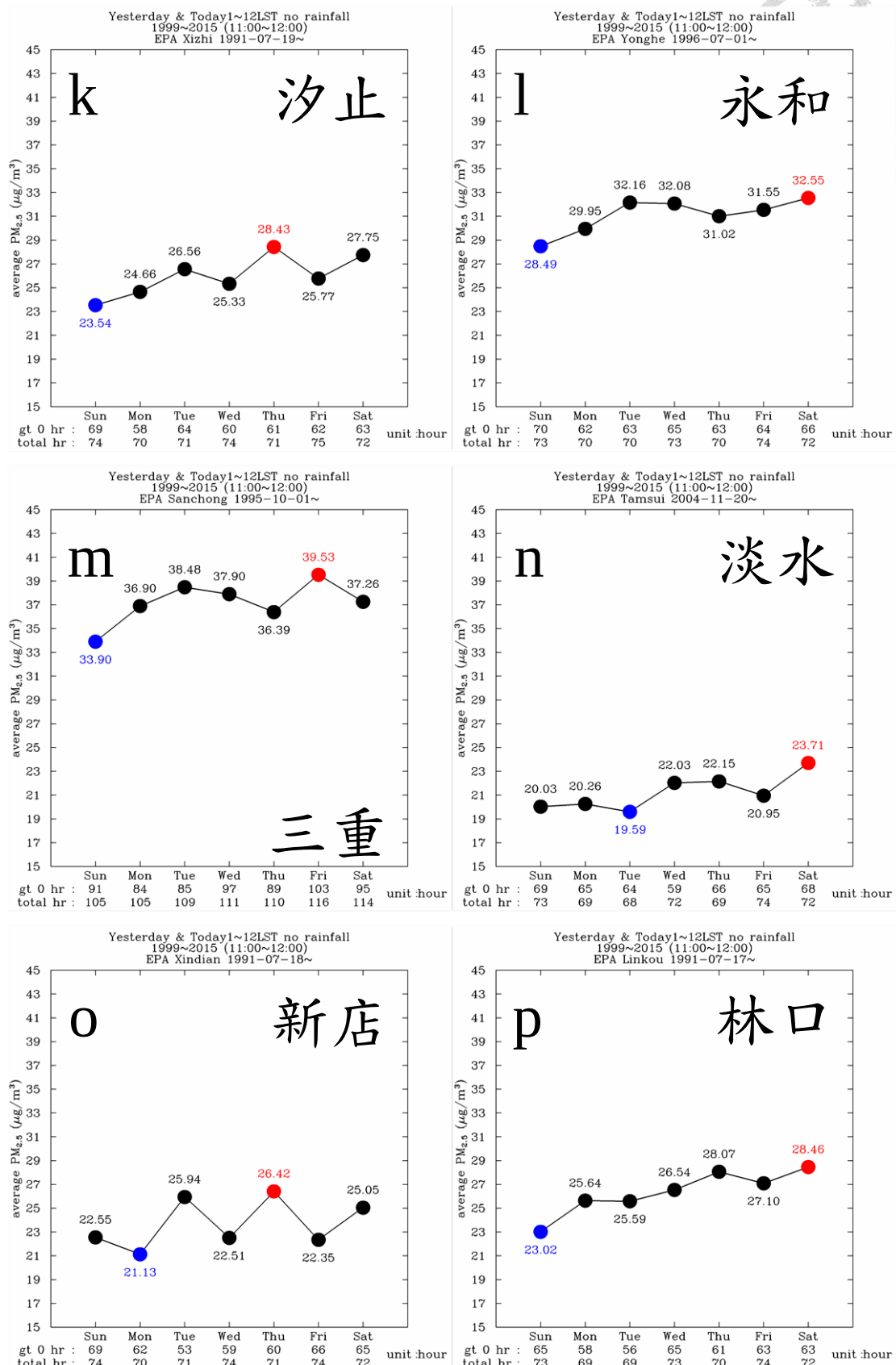


圖 4.23 (續)

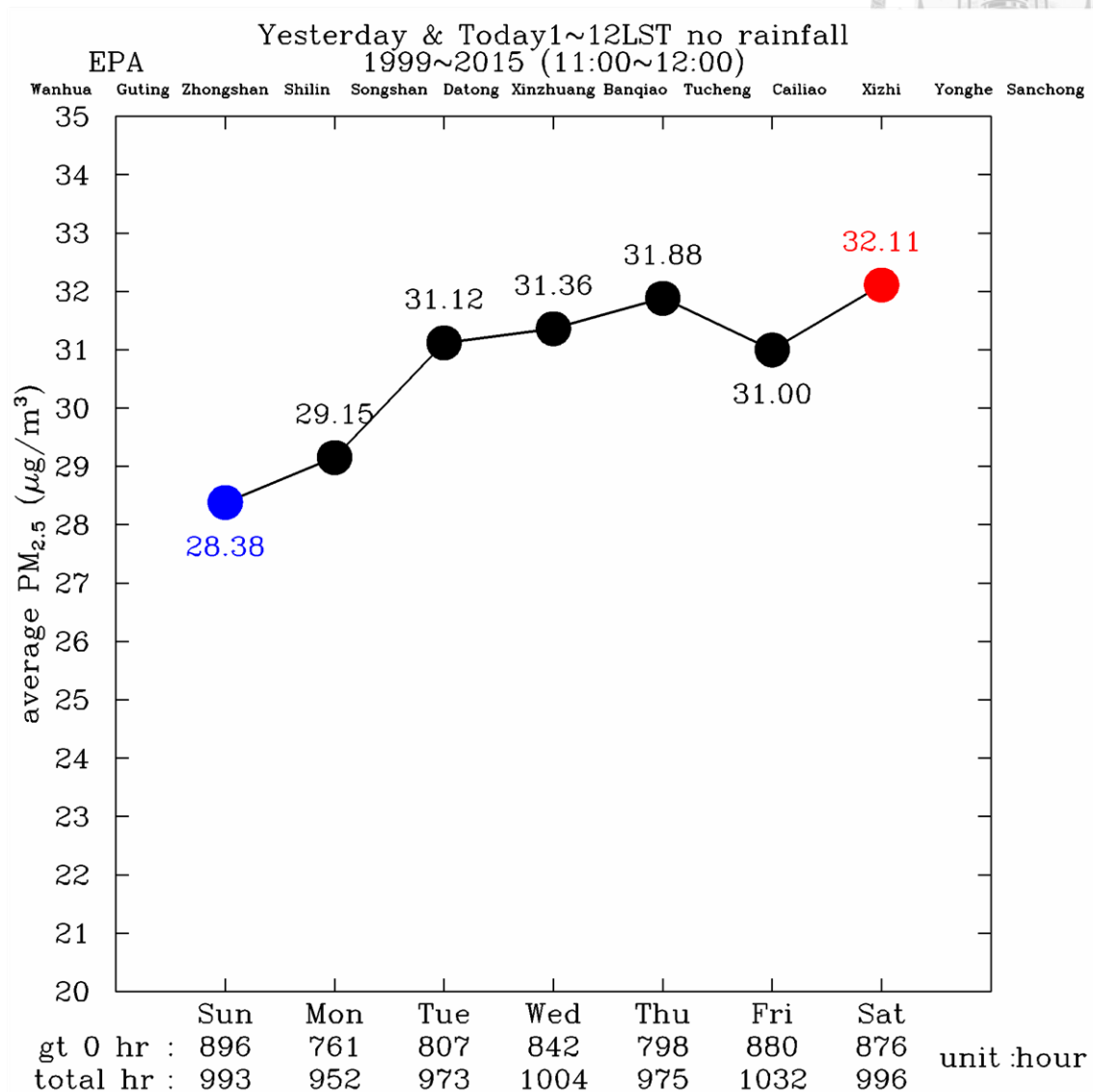


圖 4.24 1999~2015 年弱綜觀環境夏季(6~8 月)且條件增加為排除掉當天 00:00~12:00 有下雨或者前一天有任一小時下雨的天數，位於本研究所定義的台北都會區範圍內 13 個環保署測站午前(11:00~12:00)特徵平均 $PM_{2.5}$ 濃度週間圖(y 軸單位為 $\mu g m^{-3}$)。每一天的平均值標註於圓點上。藍色表示七天之中最小值；紅色表示七天之中最大值。其中該 13 個測站分別是：萬華、古亭、中山、士林、松山、大同、新莊、板橋、土城、菜寮、汐止、永和及三重測站。

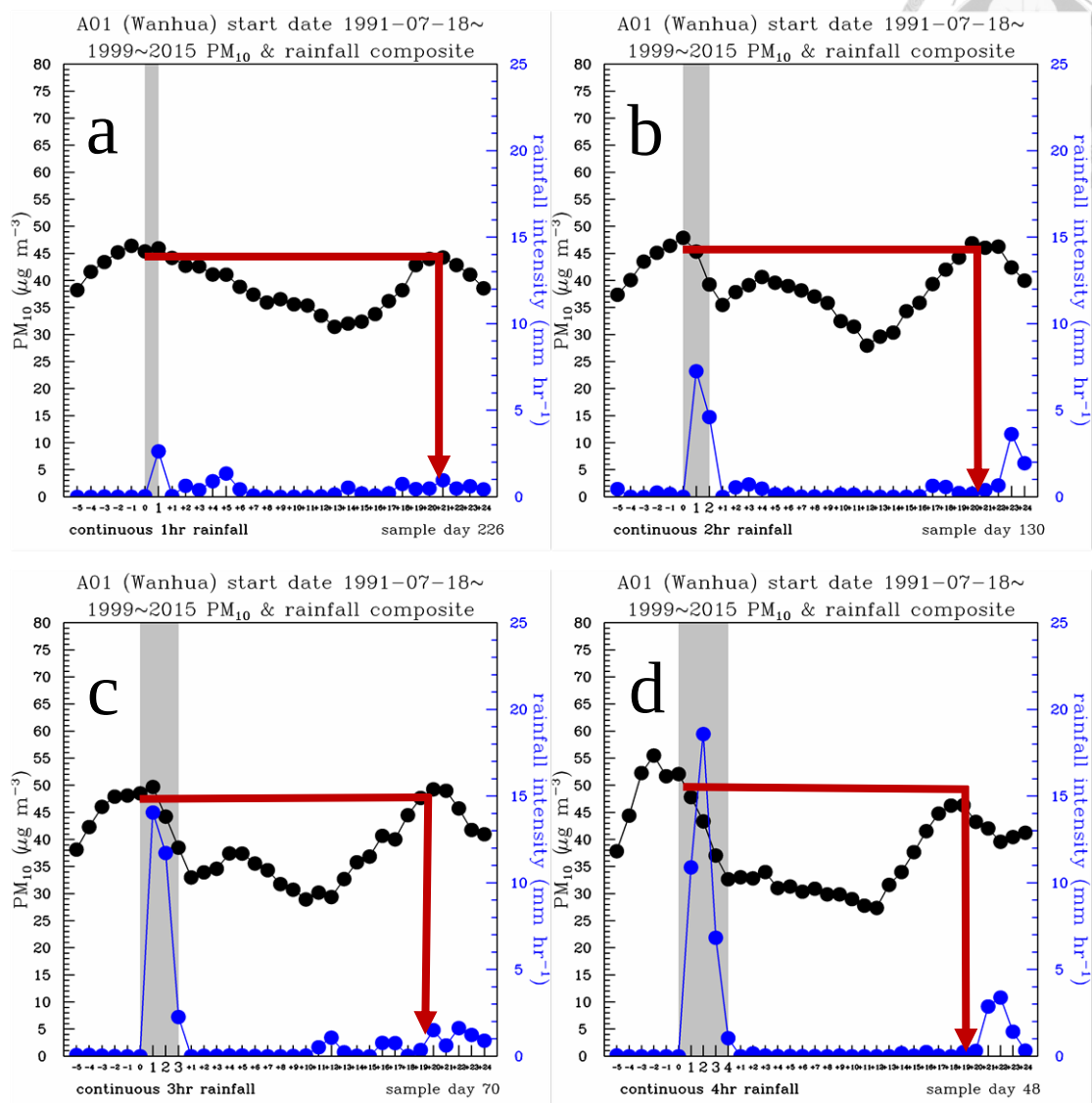


圖 4.25 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下所有天數(773 天)，環保署萬華測站懸浮微粒(PM_{10})濃度與降雨量的合成(composite)分析，黑色的線為平均 PM_{10} 濃度，其數值間距為 y 軸左側(單位: $\mu g m^{-3}$)；藍色的線為平均降雨強度，其數值間距為 y 軸右側(單位: $mm h^{-1}$)。x 軸為時間，以灰色著色起來的部分為在一天當中有連續下雨(a)1 小時；(b)2 小時；(c)3 小時；(d)4 小時的天數其降雨時段的平均；灰色區塊的左邊負值小時代表降雨前幾小時；右邊正值小時代表降雨後幾小時。

※註:a-d 的其樣本天數是互相獨立，也就是一天只能被歸類在其中一種分析樣本。

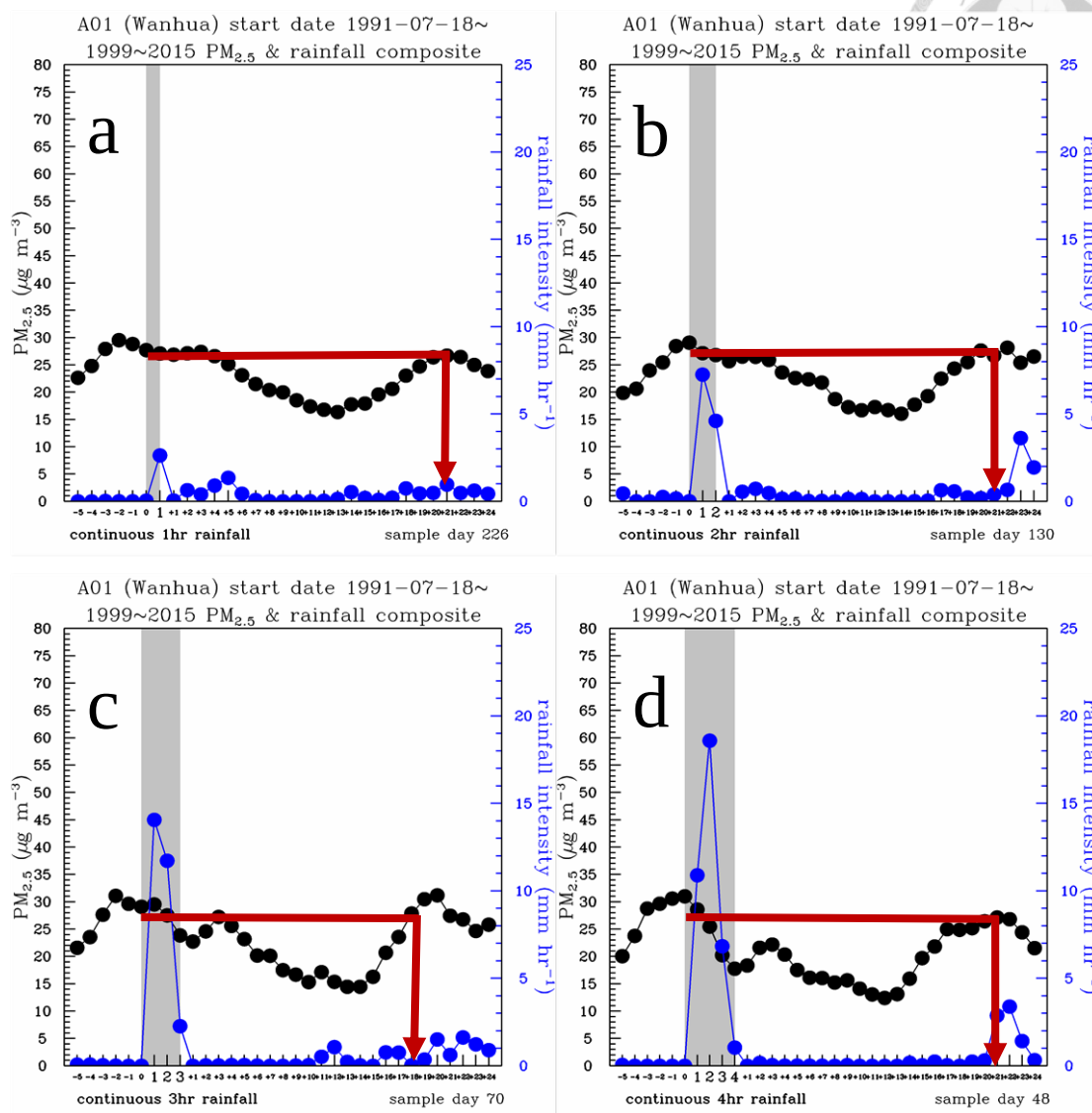


圖 4.26 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下所有天數(773 天)，環保署萬華測站懸浮微粒($PM_{2.5}$)濃度與降雨量的合成(composite)分析，黑色的線為平均 $PM_{2.5}$ 濃度，其數值間距為 y 軸左側(單位: $\mu g m^{-3}$)；藍色的線為平均降雨強度，其數值間距為 y 軸右側(單位: $mm h^{-1}$)。x 軸為時間，以灰色著色起來的部分為在一天當中有連續下雨(a)1 小時；(b)2 小時；(c)3 小時；(d)4 小時的天數其降雨時段的平均；灰色區塊的左邊負值小時代表降雨前幾小時；右邊正值小時代表降雨後幾小時。

※註:a-d 的其樣本天數是互相獨立，也就是一天只能被歸類在其中一種分析樣本。

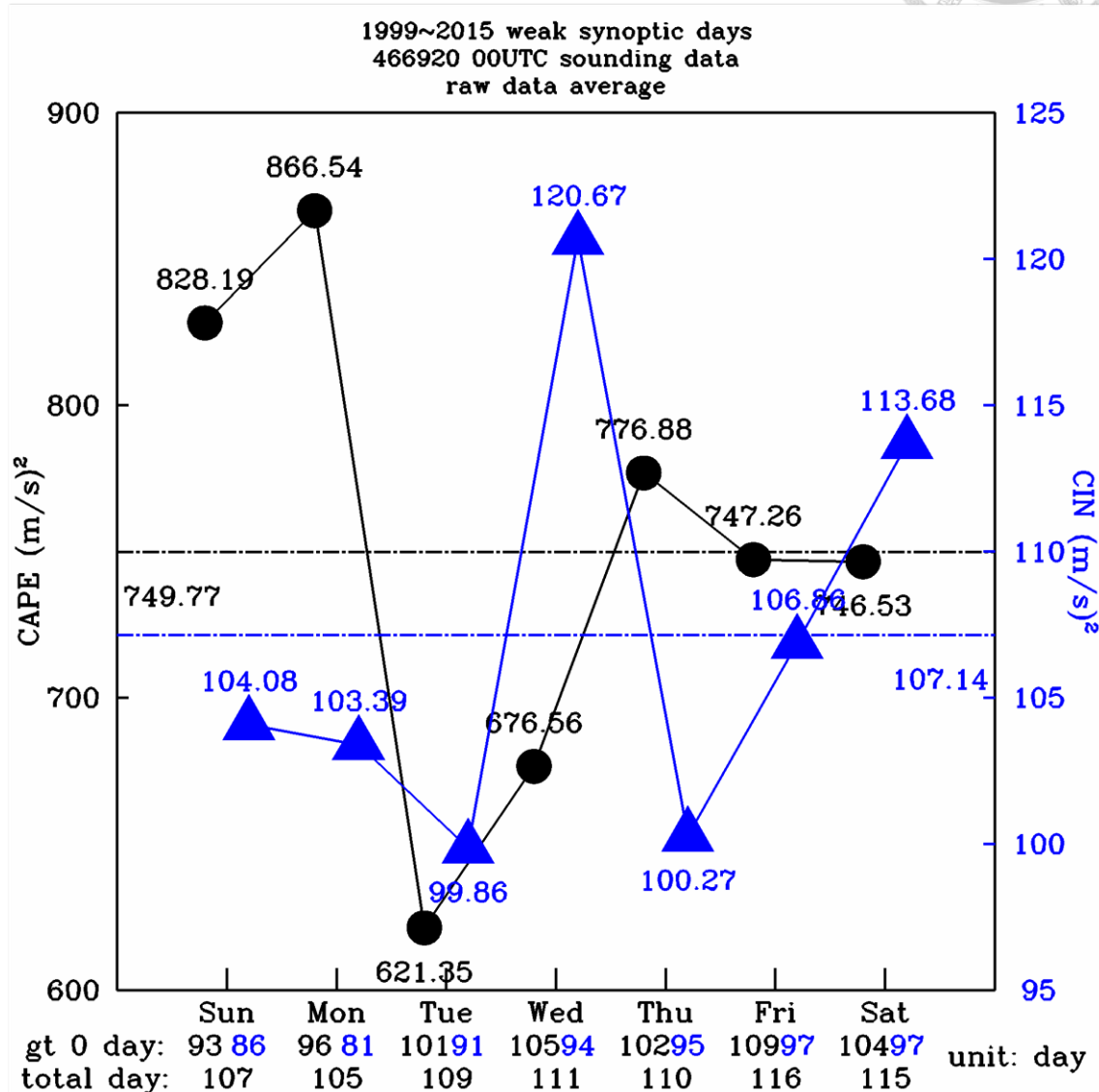


圖 4.27 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，使用板橋探空 00UTC 的探空資料所繪製而成的 CAPE 與 CIN 週間圖。黑色曲線為 CAPE，其數值標示在黑色圓點之上，其間距為左 y 軸；藍色的曲線為 CIN，其數值標示在藍色三角形之上，其間距為右 y 軸。

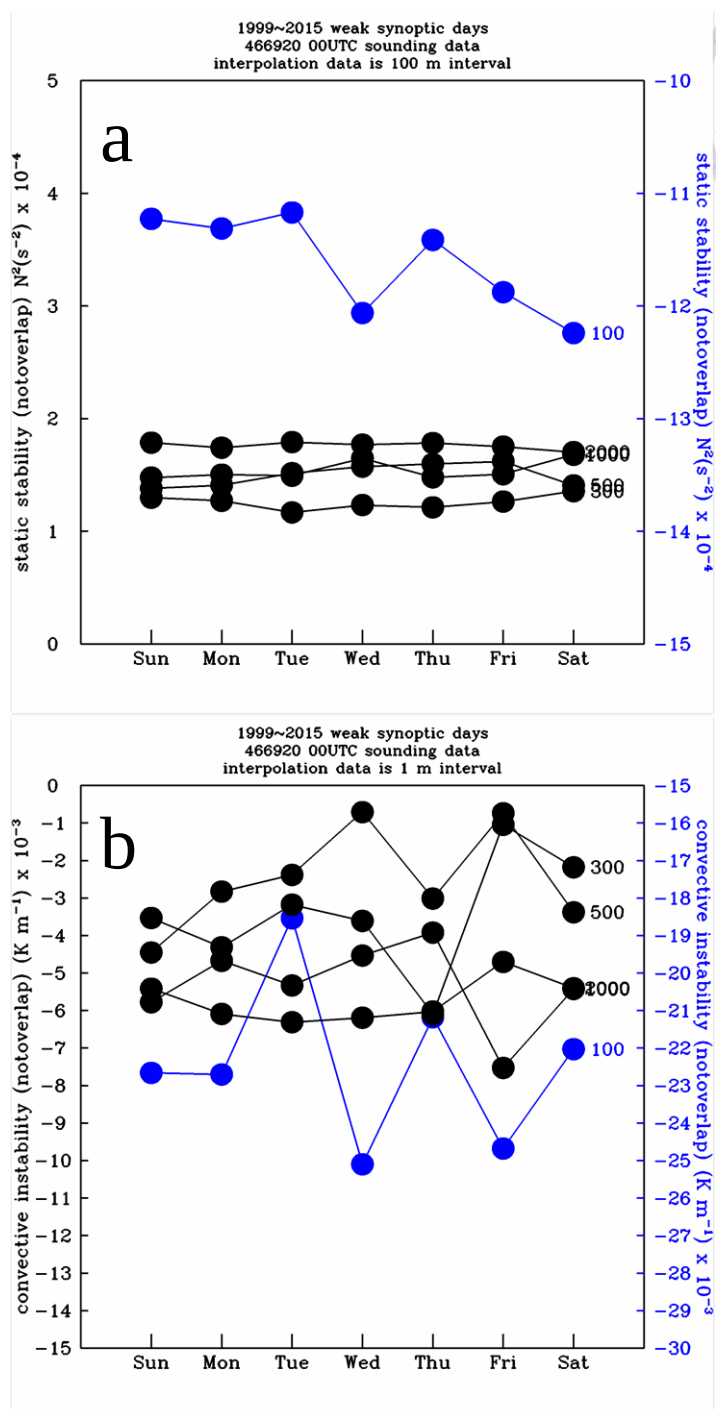


圖 4.28 把原始板橋 00UTC 的探空資料先線性內插成每一百公尺一筆資料。計算 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，(a)靜力穩定度、(b)對流不穩定度，每一條線最右邊代表該層高度(單位為 m)相對於次低一層的不穩定度，而 100 公尺的線則是相對於地表參考面 10 公尺。藍線為高度是 100 公尺高度的不穩定度曲線，其間距如右 y 軸；黑線為高度 300、500、1000、2000 公尺高度的不穩定曲線，其間距如左 y 軸。

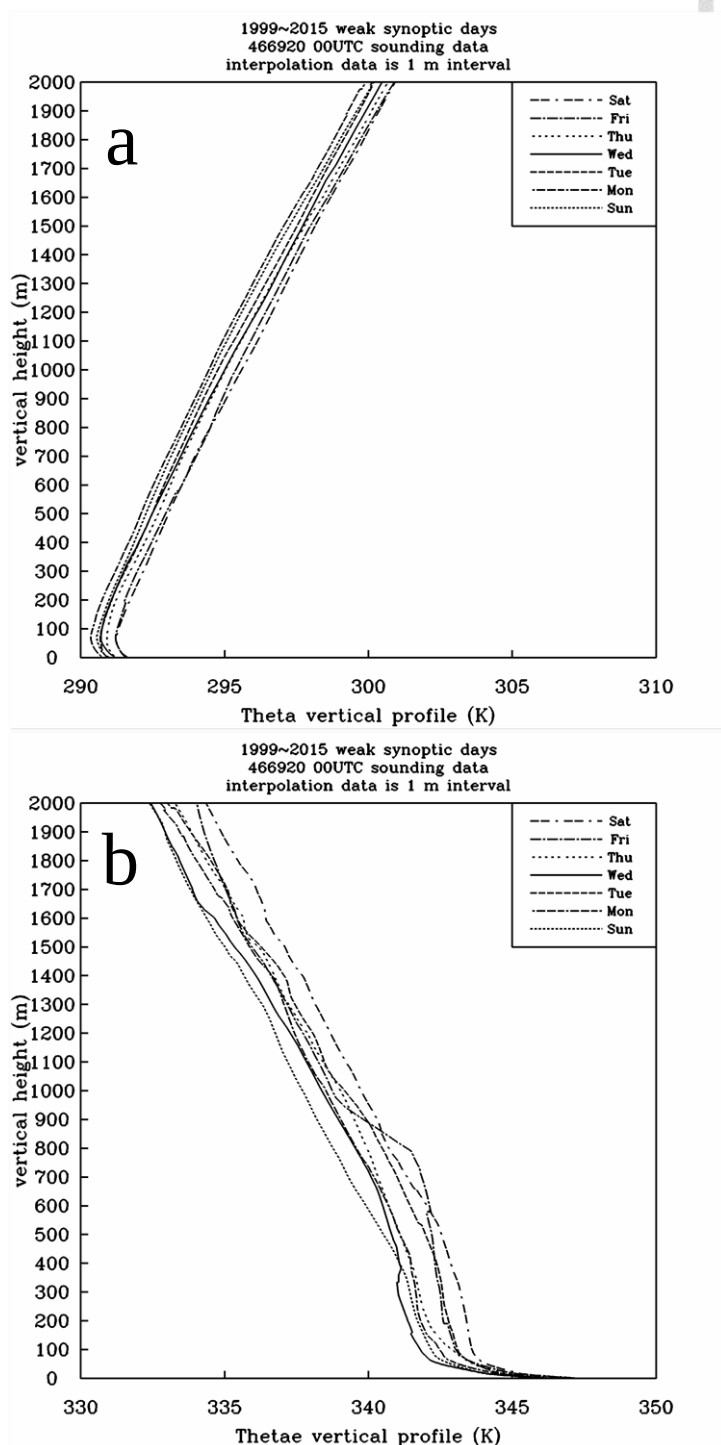


圖 4.29 把原始板橋 00UTC 的探空資料先線性內插成每一公尺一筆資料。計算 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，平均(a)位溫(b)相當位溫隨高度的垂直變化。

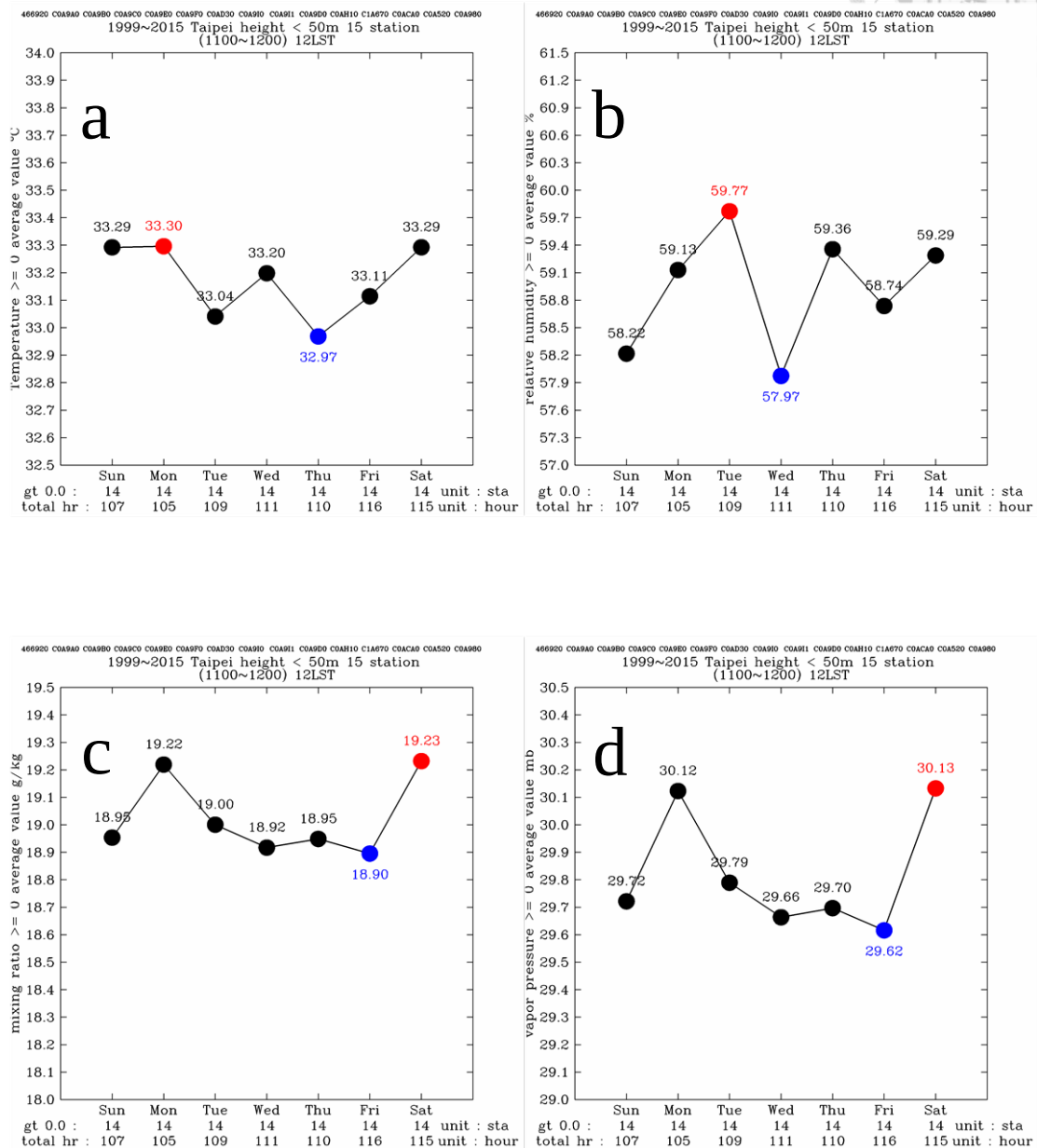


圖 4.30 1999~2015 年夏季弱綜觀環境下，在台北都會區內雨量具有明顯週間趨勢的 12 個測站特徵平均所得平均週間圖。圓點上標示為其平均值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。(a-d)分別為：溫度、相對溼度、混合比、水氣壓。其單位依序是： $^{\circ}\text{C}$ 、%、 g kg^{-1} 、mb。

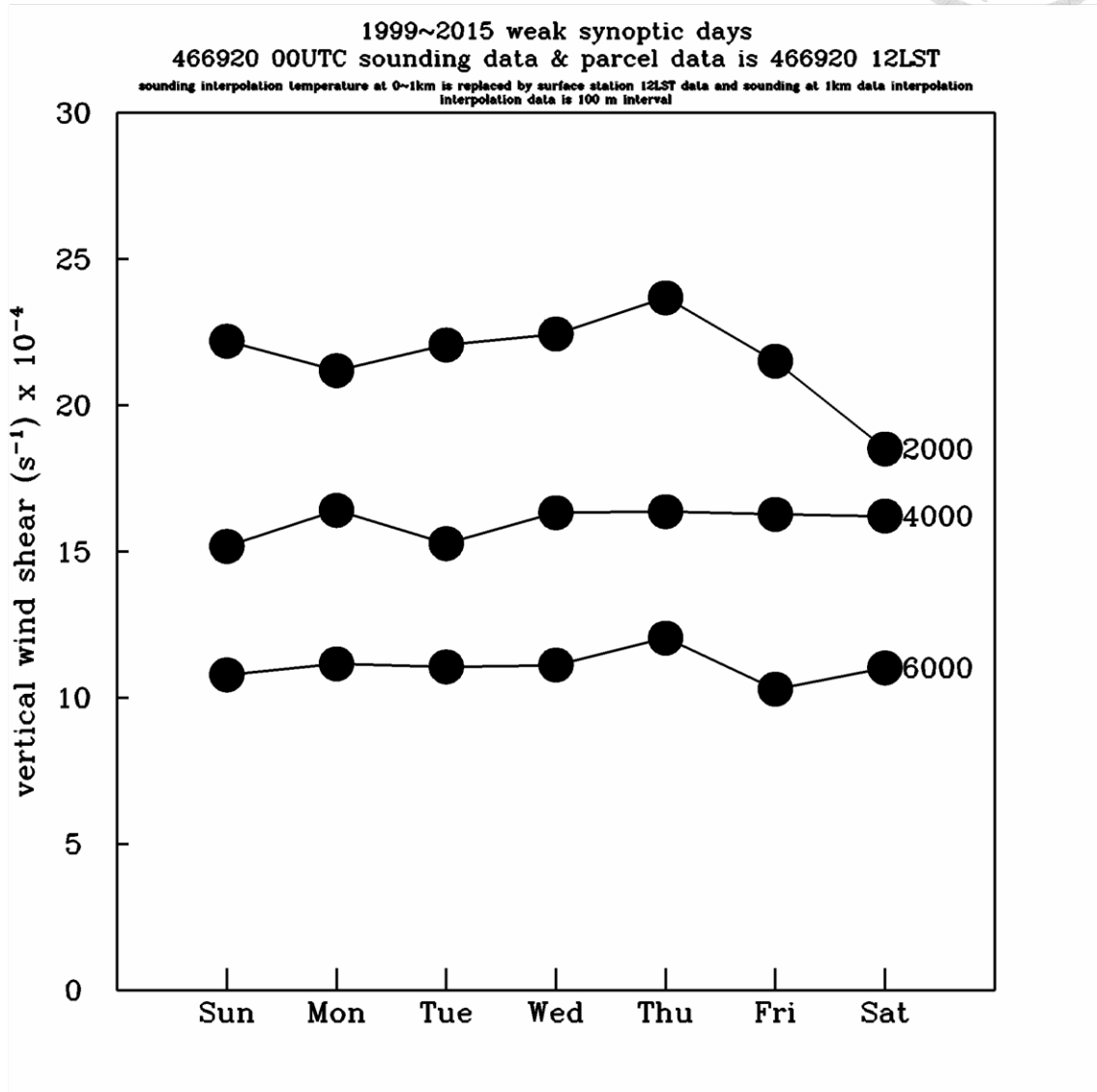


圖 4.31 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境之下，使用板橋探空 00UTC 的探空資料，先把風向風速轉換成 u 風場與 v 風場再內插成每一百公尺一筆資料，再計算其該層高度(每一條曲線右邊所標示的數值，單位是公尺)相對於地表的垂直風切週間圖。

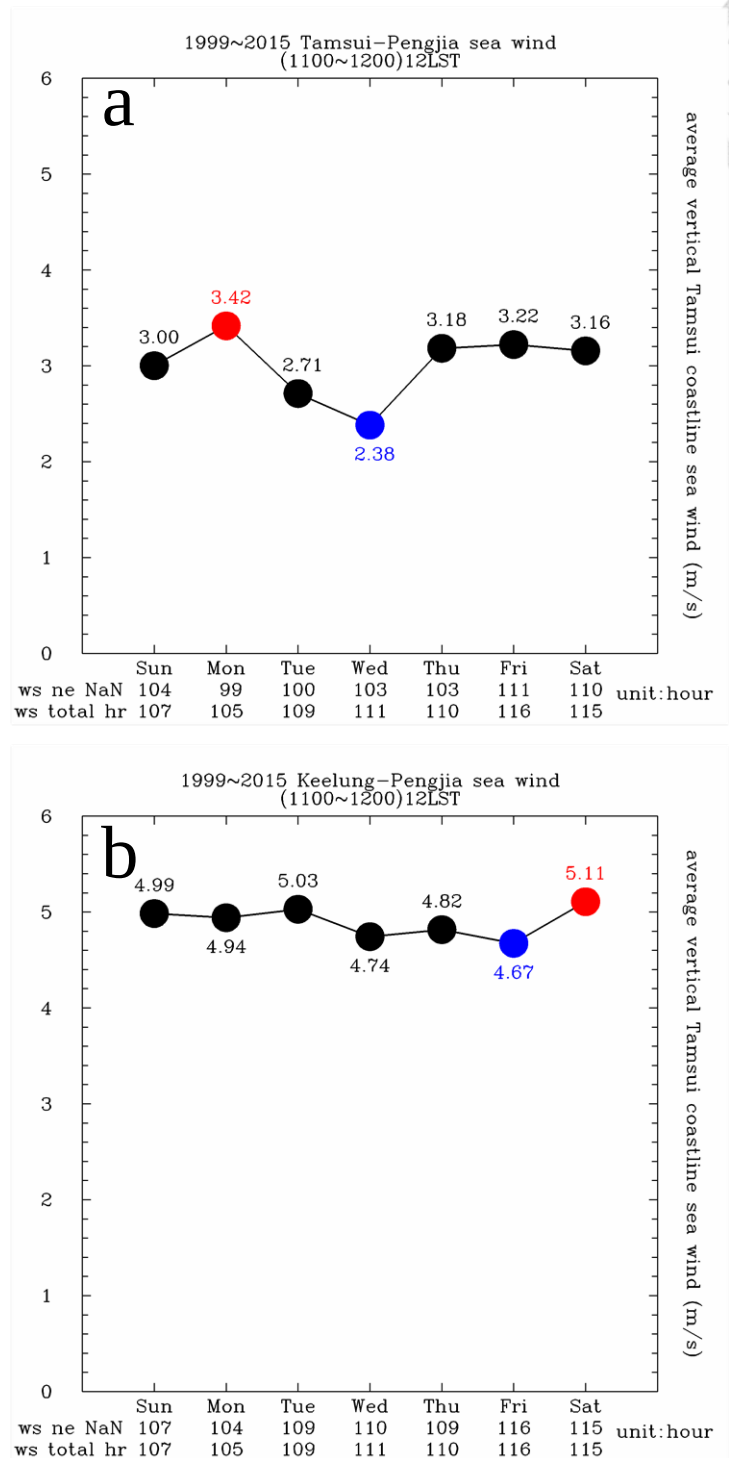


圖 4.32 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境，午前一小時(11:00~12:00)海風分量週間平均(單位: m s^{-1})。圓點上標示為其天數值，七天之中最大值用紅色表示；七天之中最小值用藍色表示。(a)為淡水測站風場扣除彭佳嶼測站風場後投影在淡水河口(方位角取 310 度)的海風分量；(b)為基隆測站風場扣除彭佳嶼測站風場後投影在基隆河口(方位角取 20 度)的海風分量。

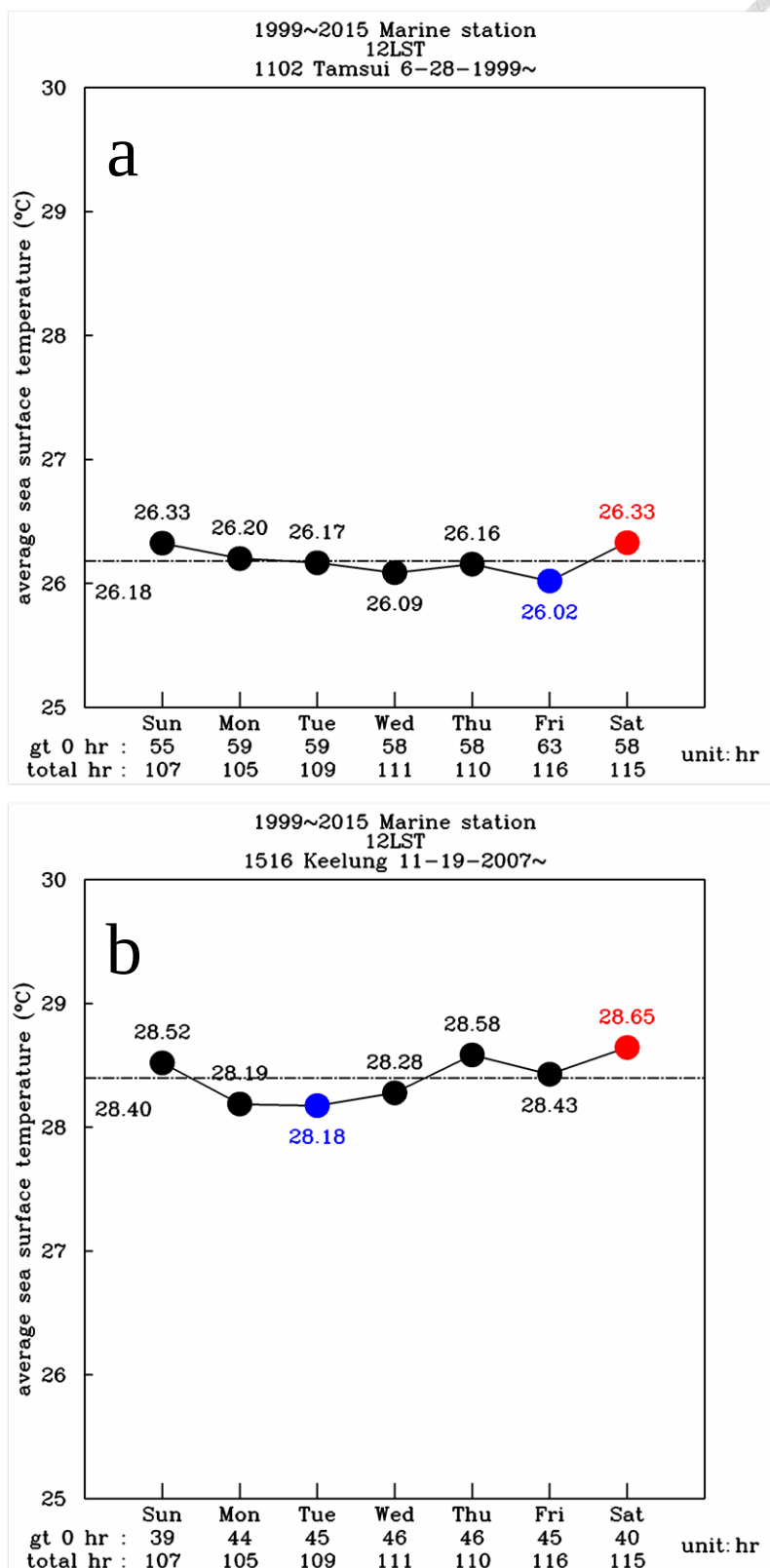


圖 4.33 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，(a)淡水潮位站；(b)基隆潮位站 12LST(11:00~12:00)的海表面溫度(SST)週間圖，中間虛線代表所有 773 天弱綜觀天數的平均結果。

第五章圖片

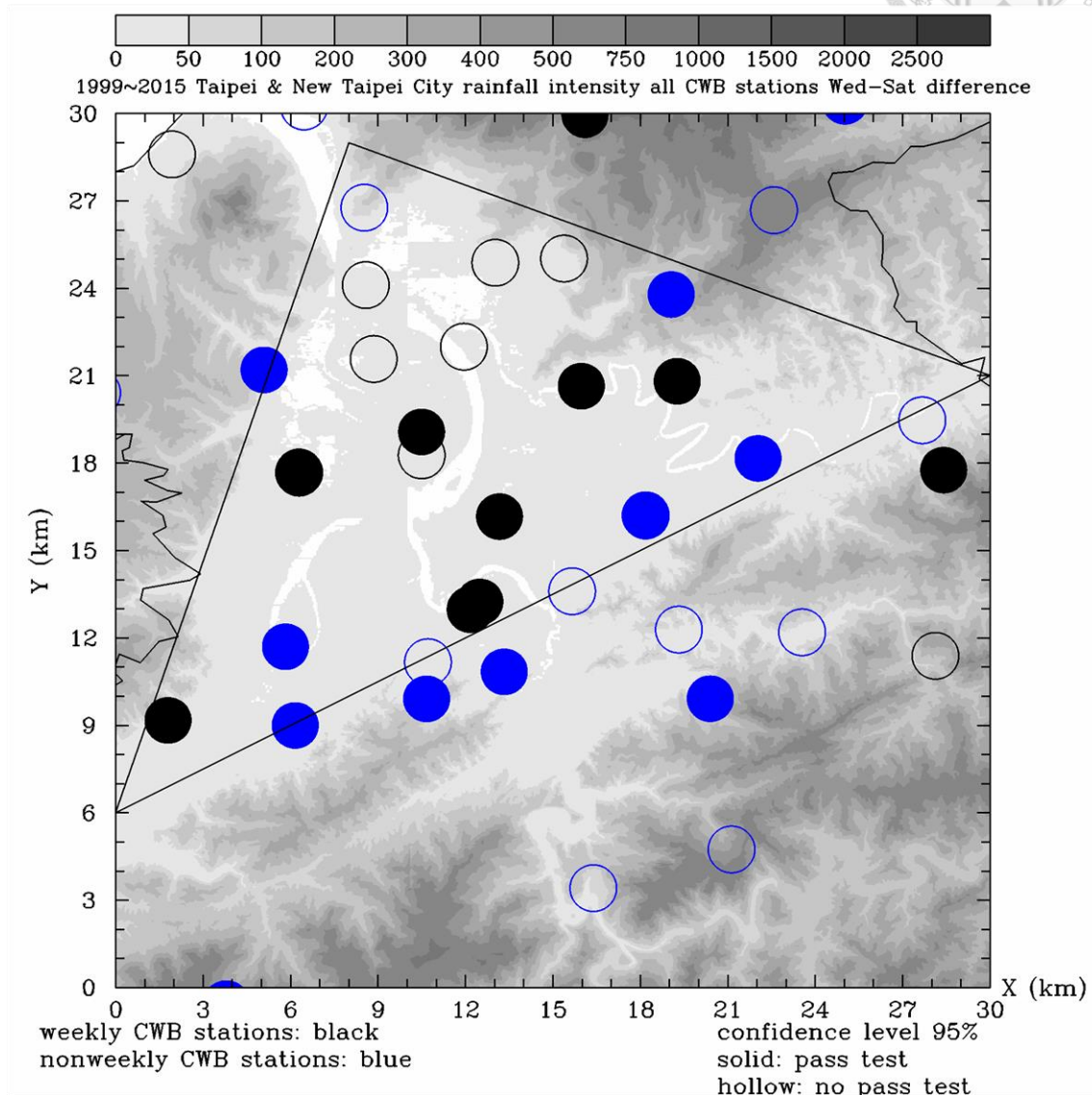


圖 5.1 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午後六小時(12:00~18:00)氣象局個別測站平均降雨強度星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

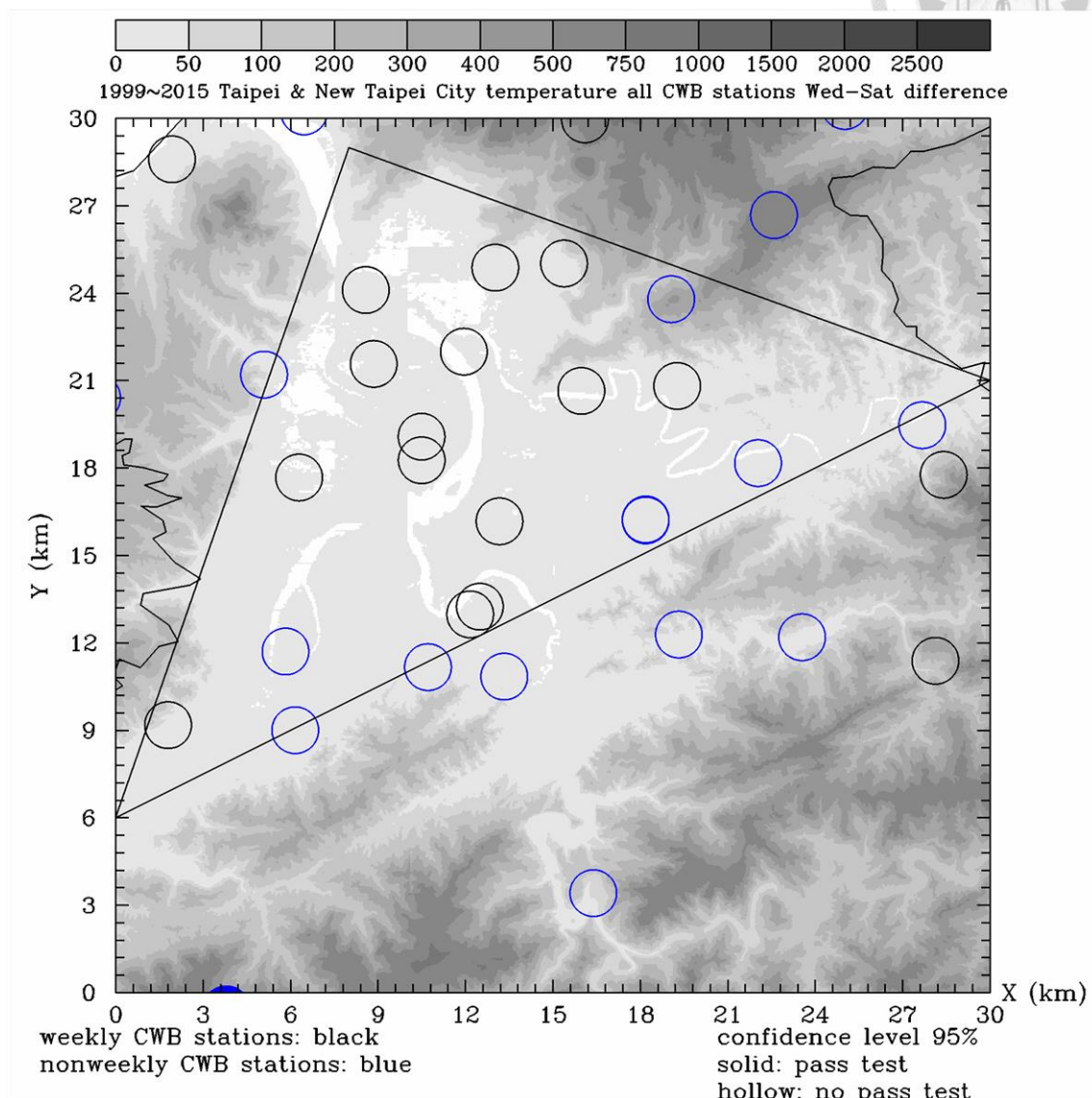


圖 5.2 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)氣象局個別測站平均測站氣溫星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

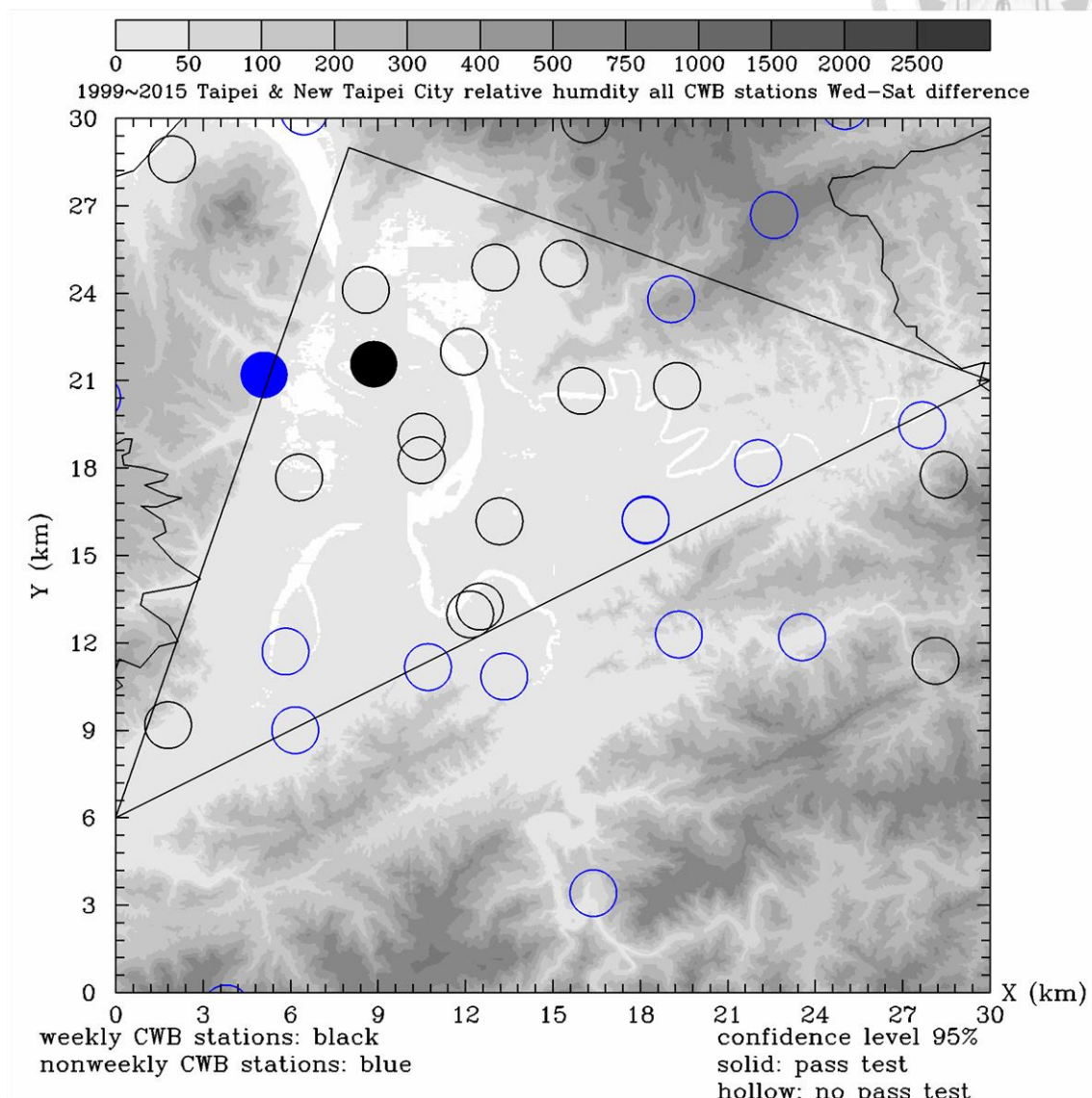


圖 5.3 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)氣象局個別測站平均相對濕度(RH)星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

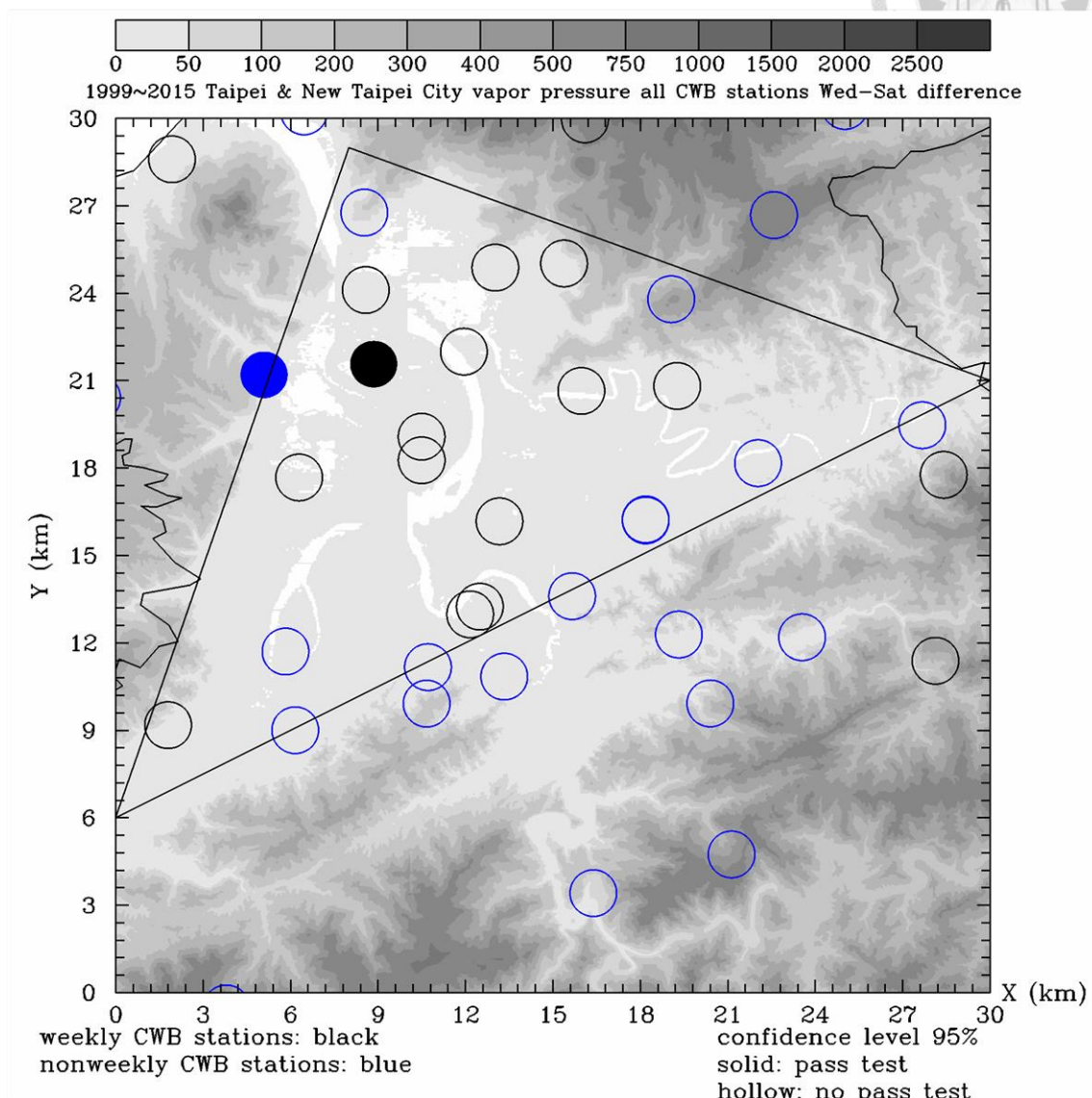


圖 5.4 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)氣象局個別測站平均相對濕度星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。其平均降雨強度具有明顯週間趨勢測站使用黑色標示，沒有明顯雨量週間變化趨勢測站則用藍色標示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

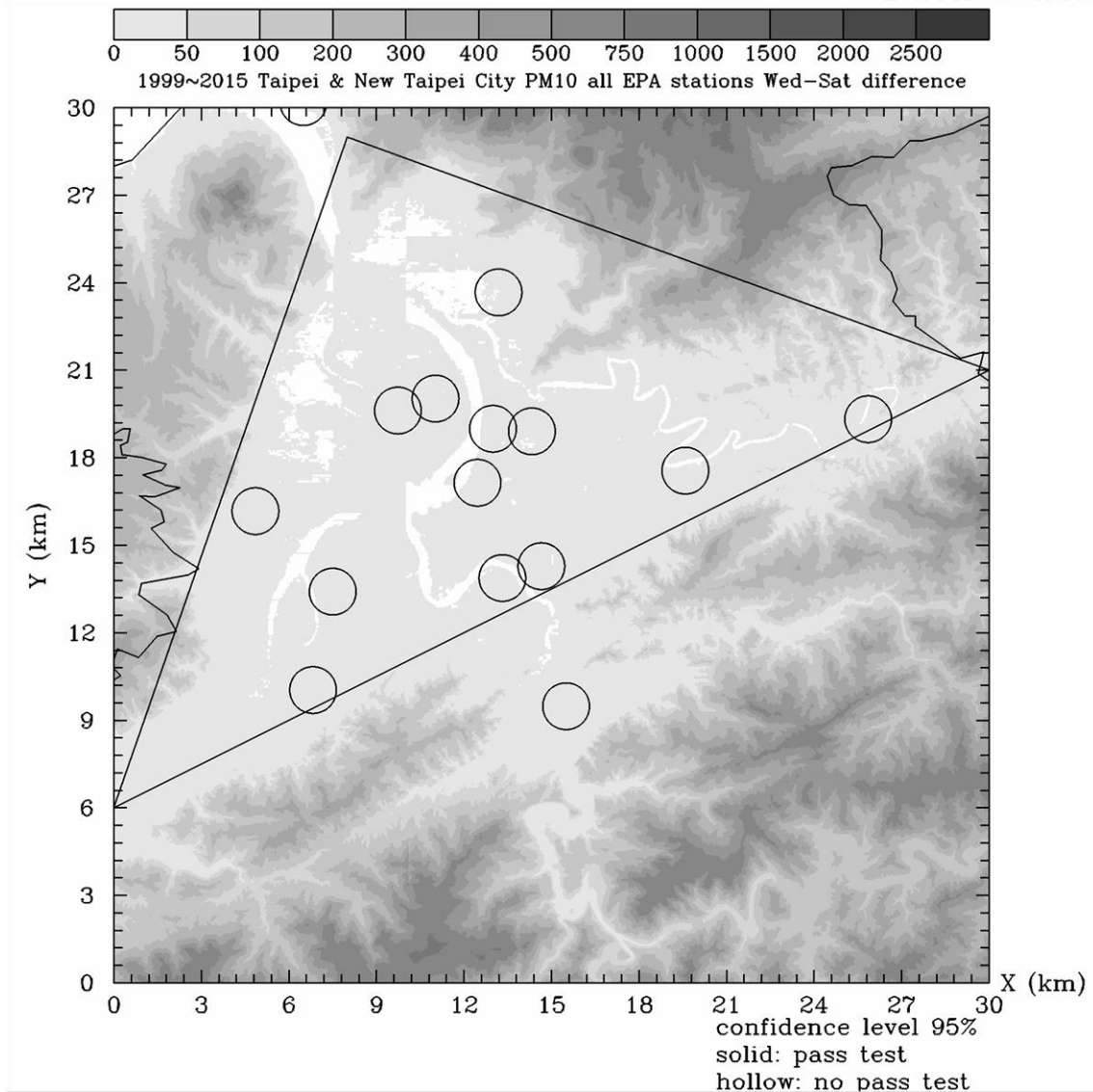


圖 5.5 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)環保署個別測站平均懸浮微粒(PM₁₀)星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

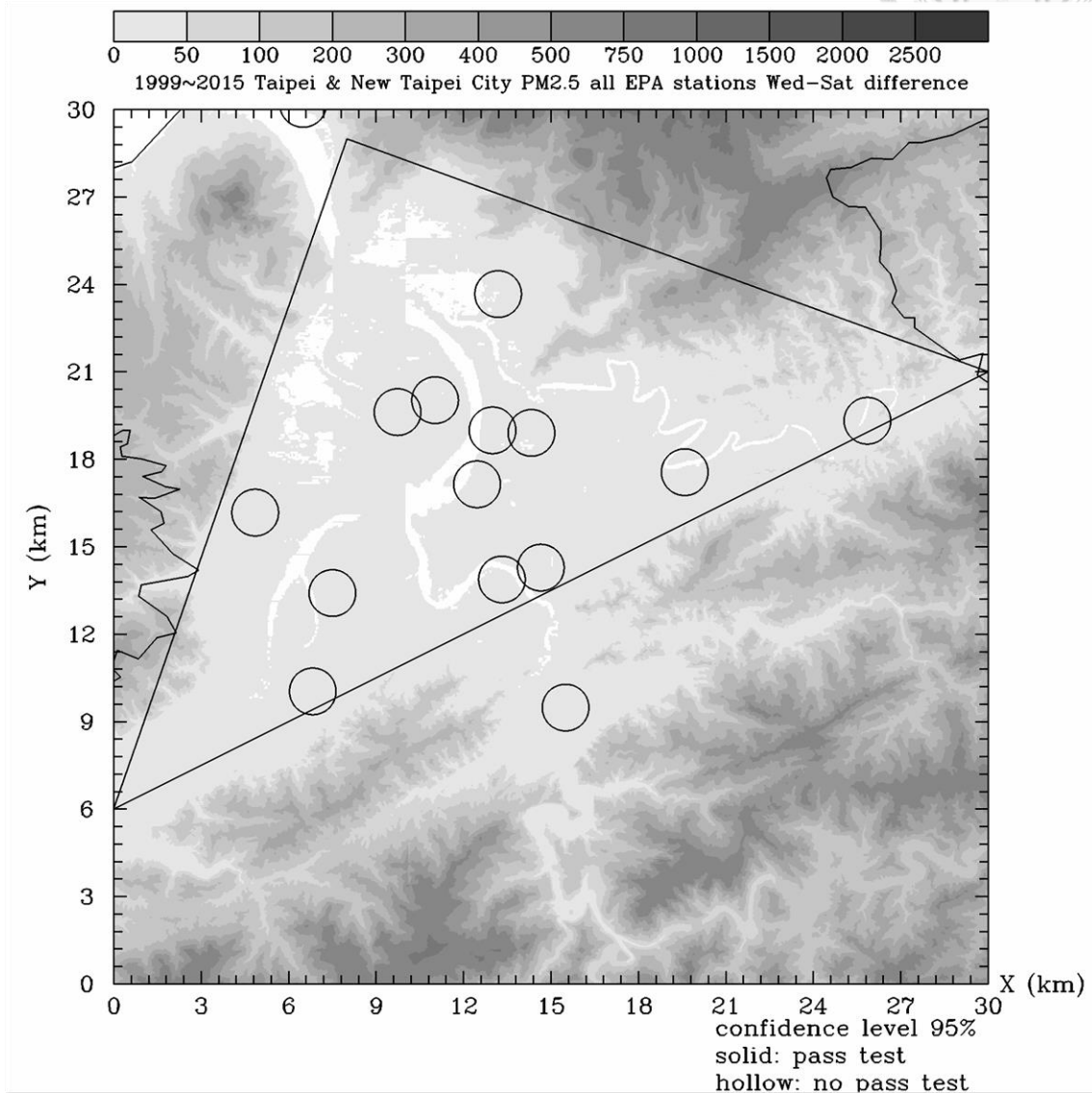


圖 5.6 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，午前一小時(11:00~12:00)環保署個別測站平均細懸浮微粒(PM_{2.5})星期三與星期六的差異值統計檢定，檢定門檻為 95%信心水準，有通過檢定的測站使用實心圓圈標示；沒有通過統計檢定的測站使用空心圓圈表示。黑色實線三角形是本研究所定義的台北都會區範圍。

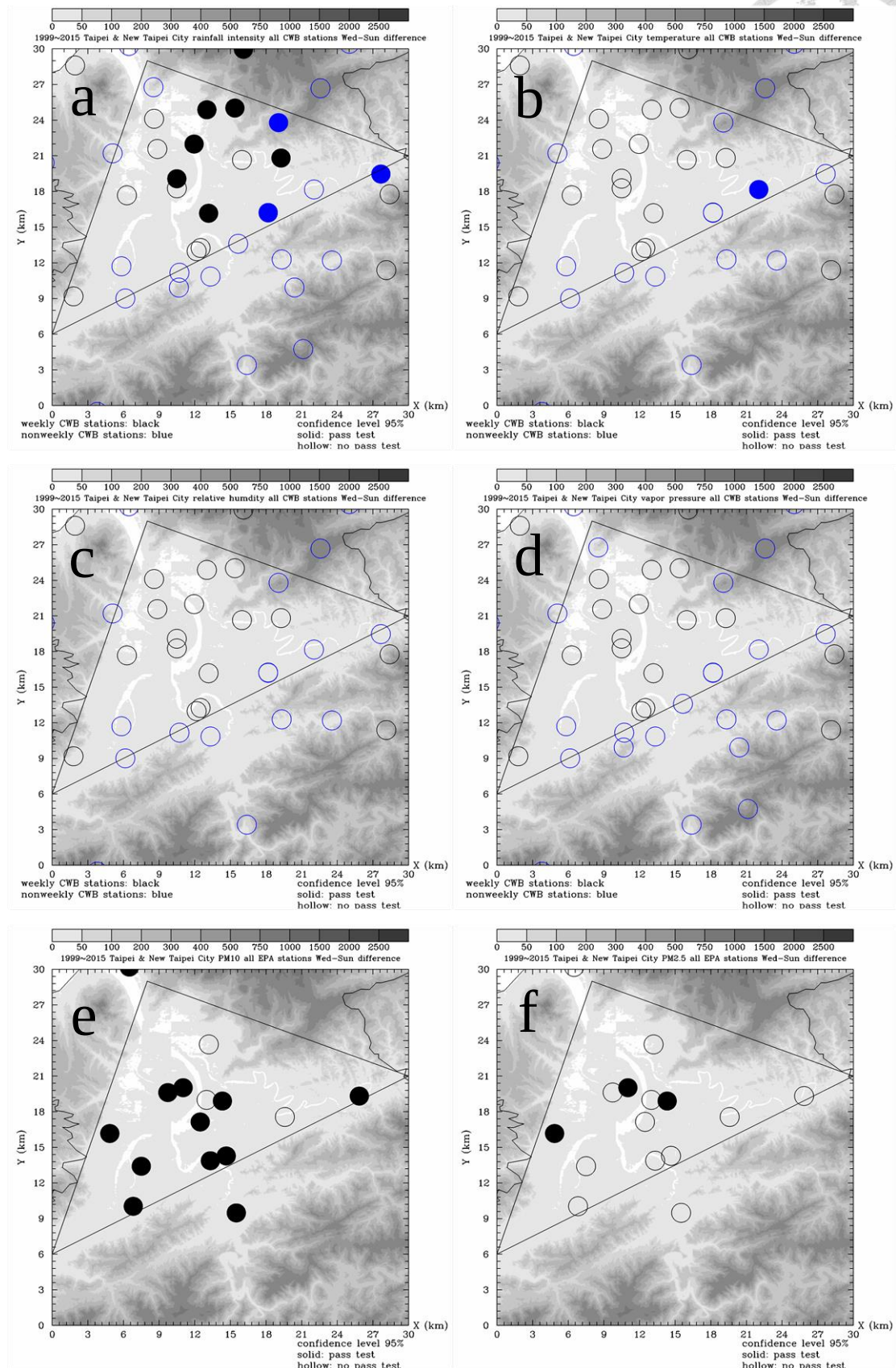


圖 5.7 承圖 5.1~5.6 的相同分析時間與方法，但改為星期三與星期日的差異值統計檢定。(a~f)分別為降雨強度、溫度、相對溼度、實際水氣壓、PM₁₀、PM_{2.5}。

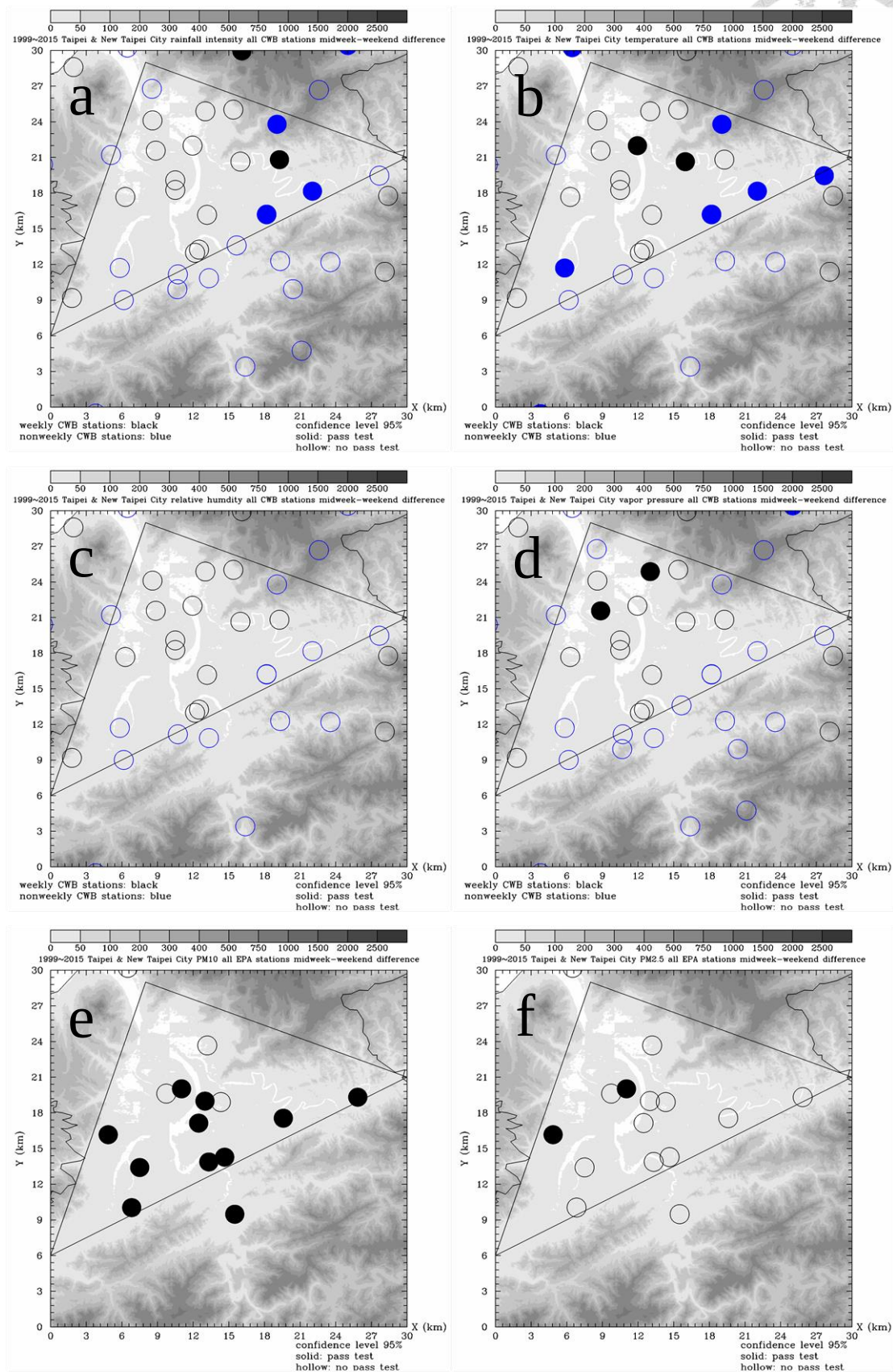


圖 5.8 承圖 5.7 的相同分析時間與方法，但改為週二、週三、週四的平均值與週六與週日平均值的差異值統計檢定。

第六章圖片

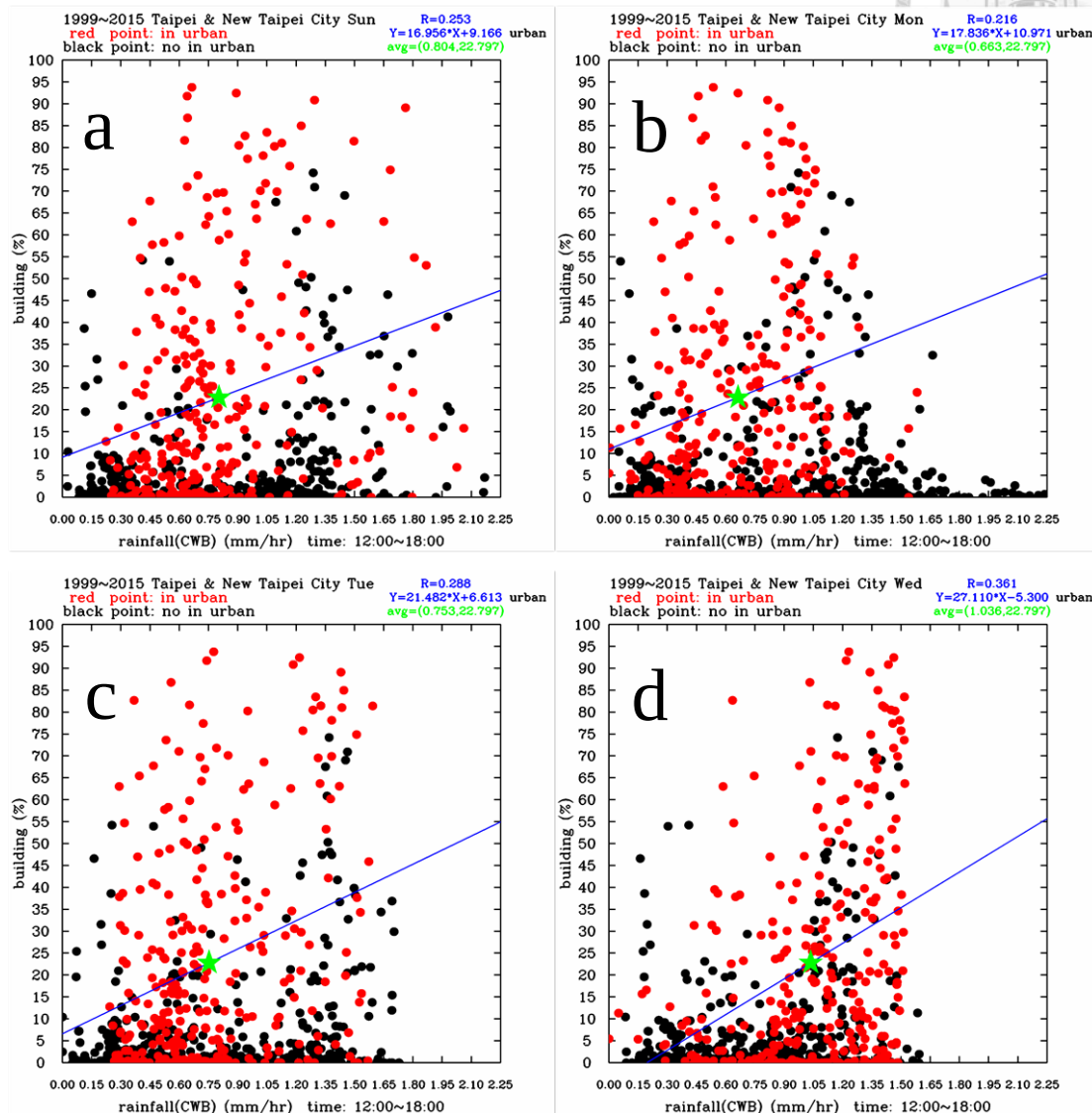


圖 6.1 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)

平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與建築物百分比網格資料(解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是建築物百分比(單位:%)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

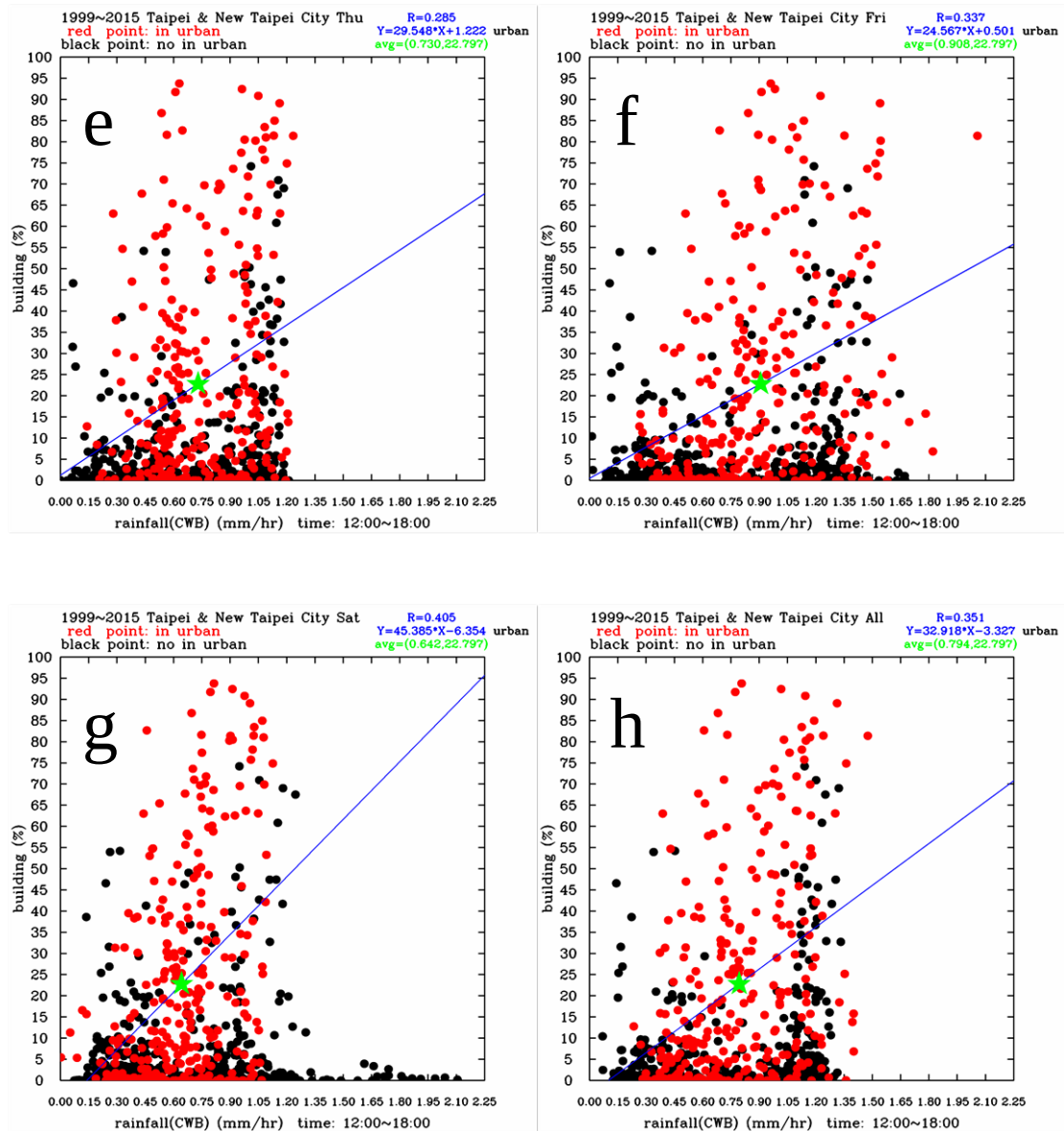


圖 6.1 (續)

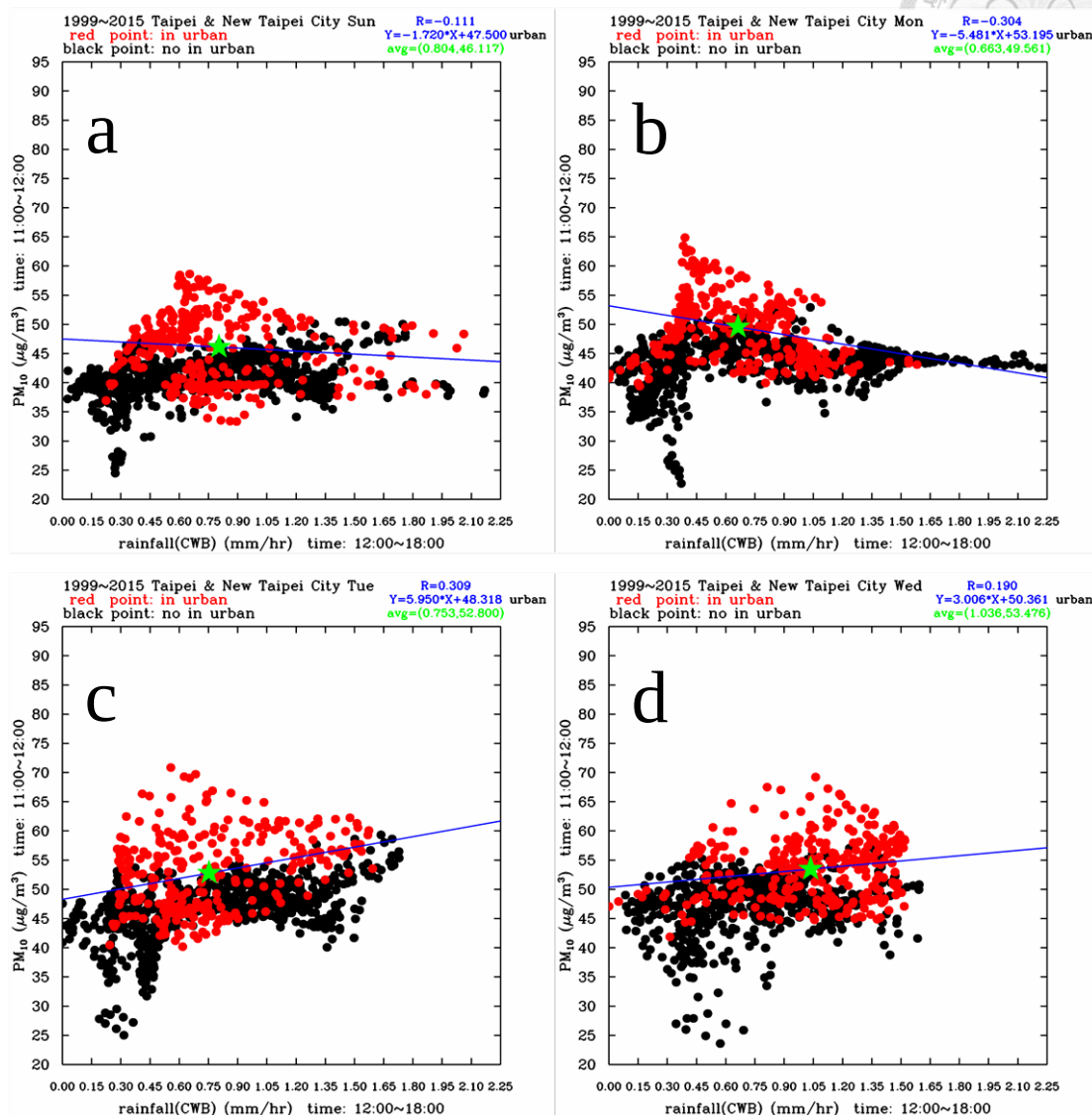


圖 6.2 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00) 平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與 PM_{10} (同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: $mm\ h^{-1}$)；縱軸座標是 PM_{10} (單位: $\mu g\ m^{-3}$)。紅色的點為本研究所定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

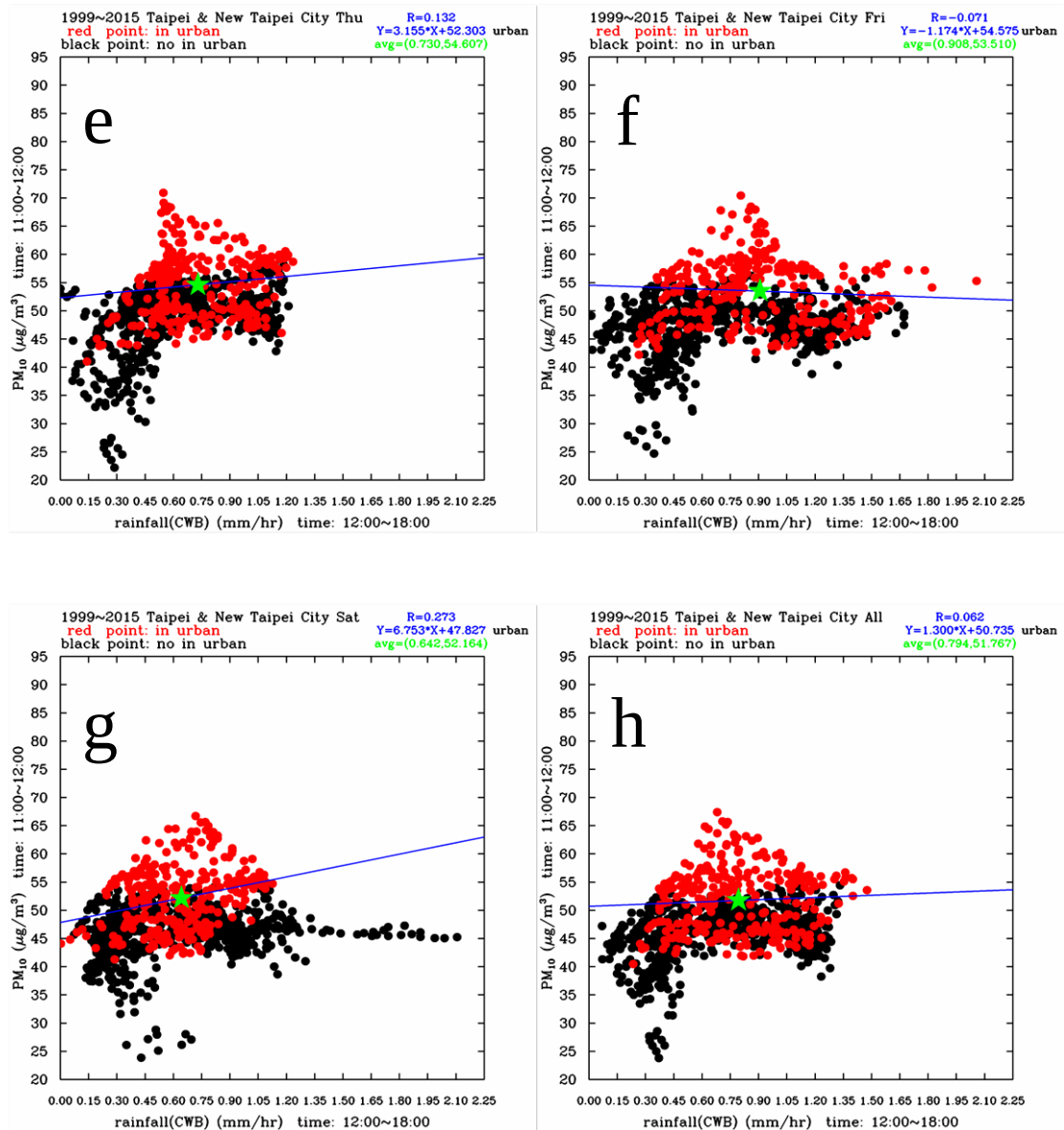


圖 6.2 (續)

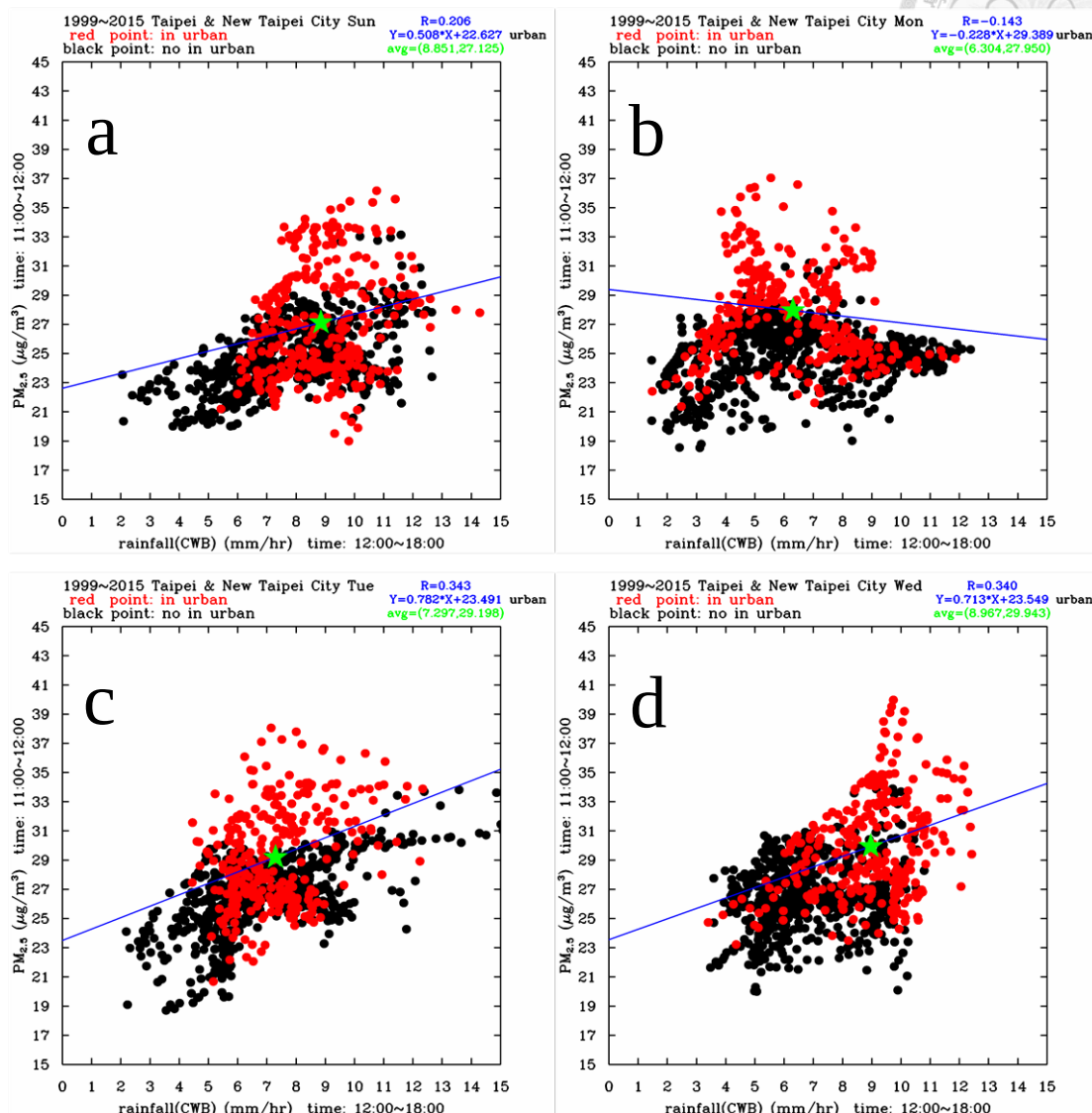


圖 6.3 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00) 平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與 $PM_{2.5}$ (同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: $mm\ h^{-1}$)；縱軸座標是 $PM_{2.5}$ (單位: $\mu g\ m^{-3}$)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

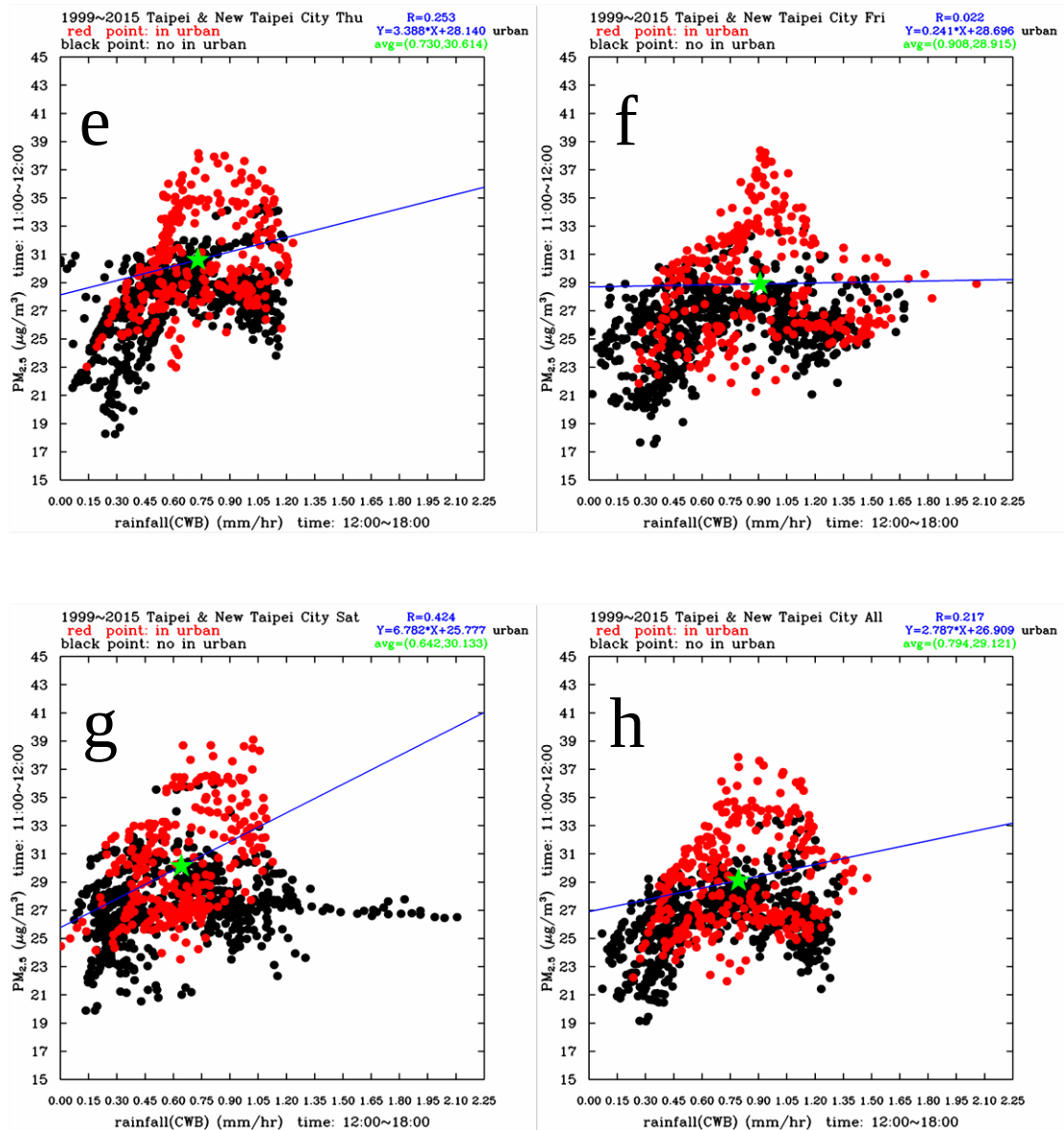


圖 6.3 (續)

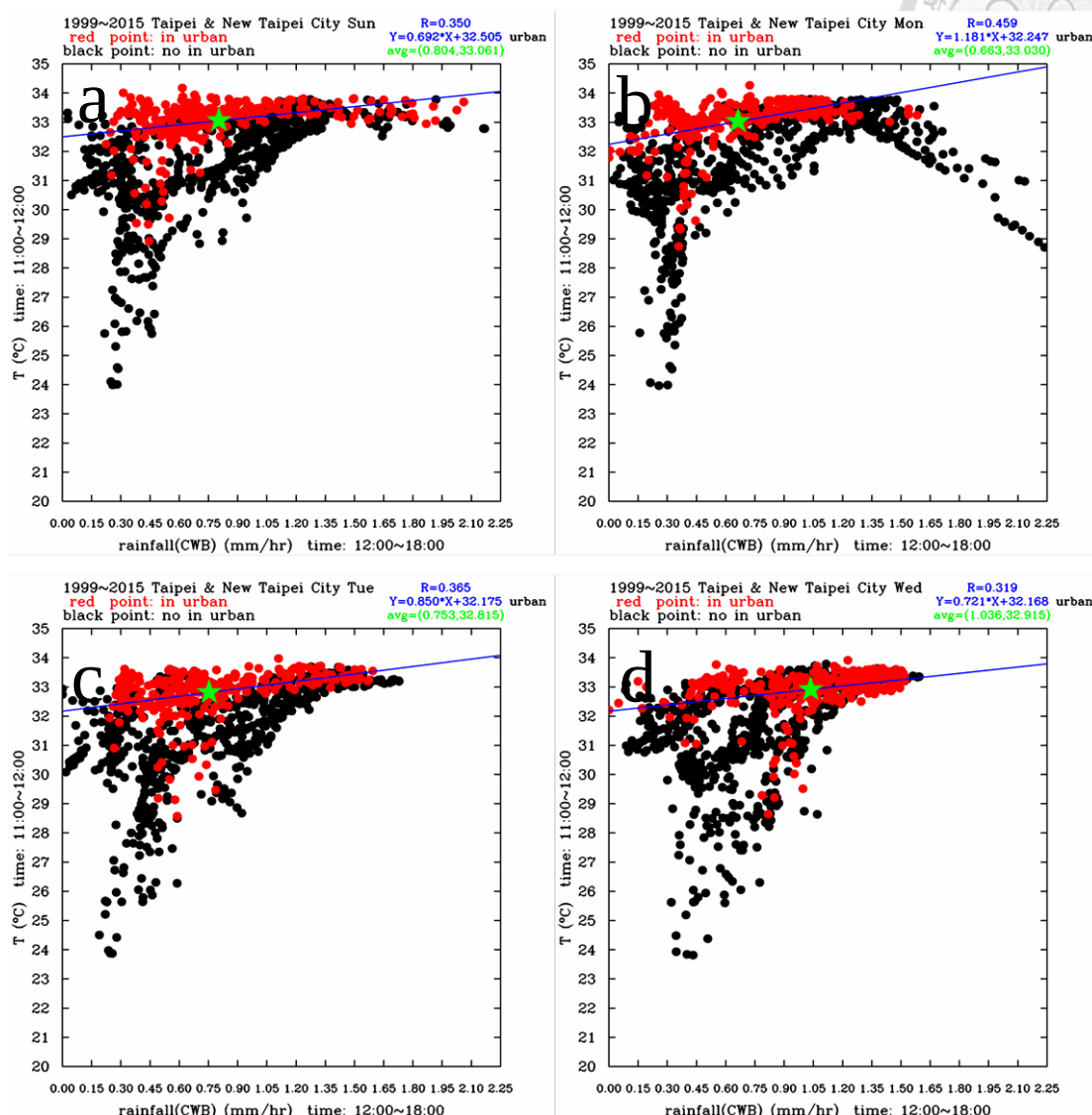


圖 6.4 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00) 平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與測站溫度(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是溫度(單位: $^{\circ}\text{C}$)。紅色的點為本研究所定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究所定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

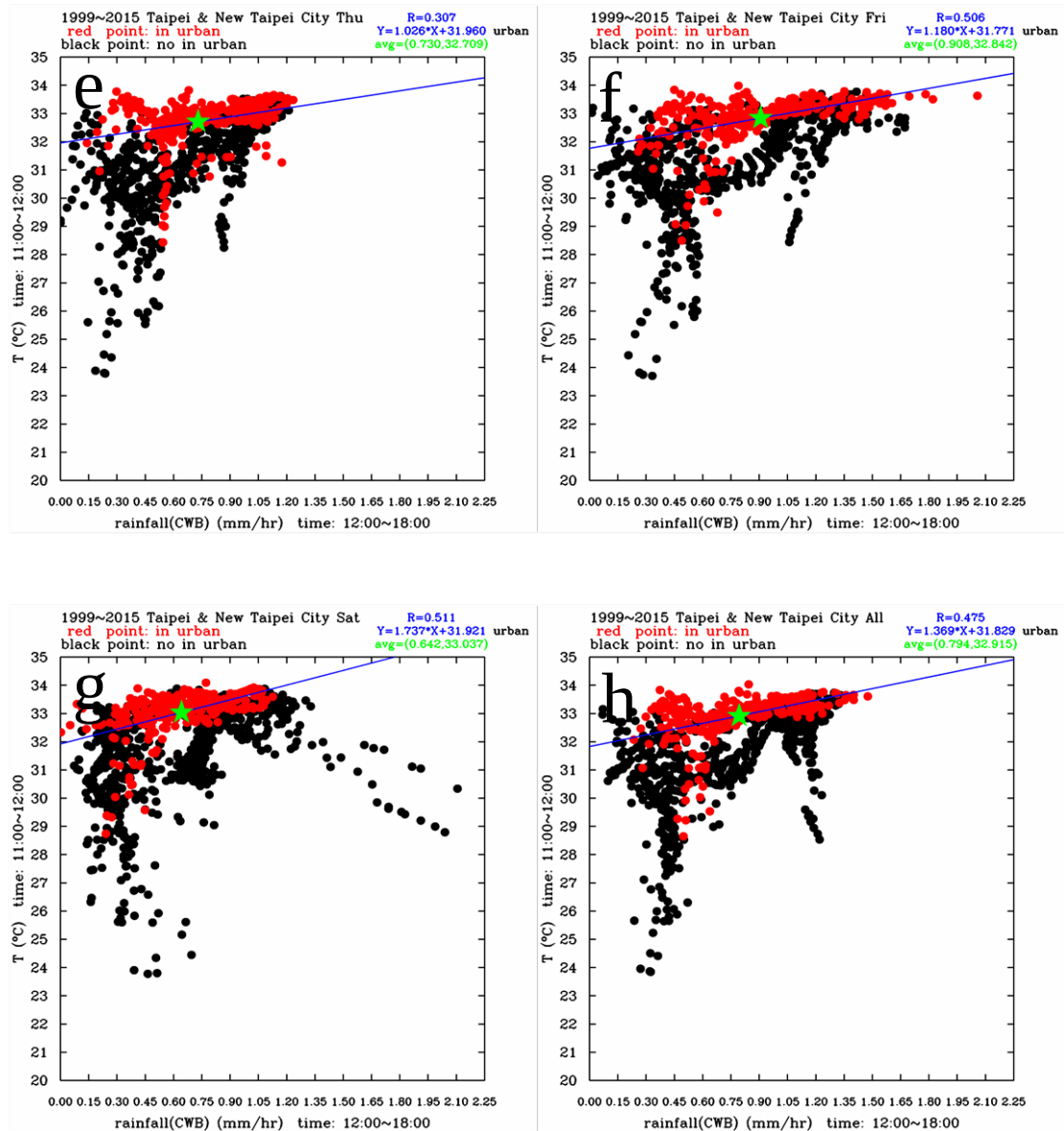


圖 6.4 (續)

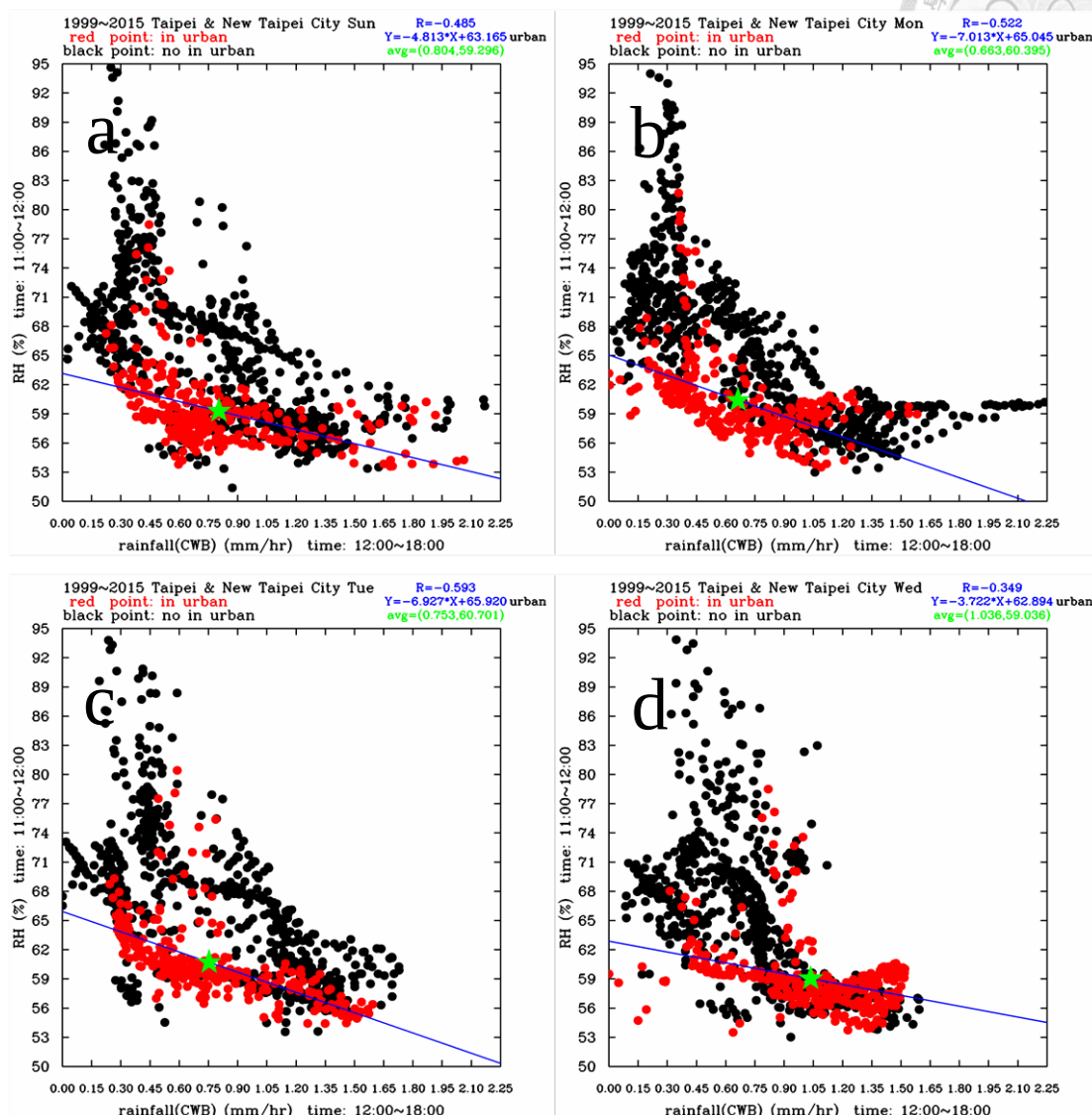


圖 6.5 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與相對溼度(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是相對濕度(單位:%)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

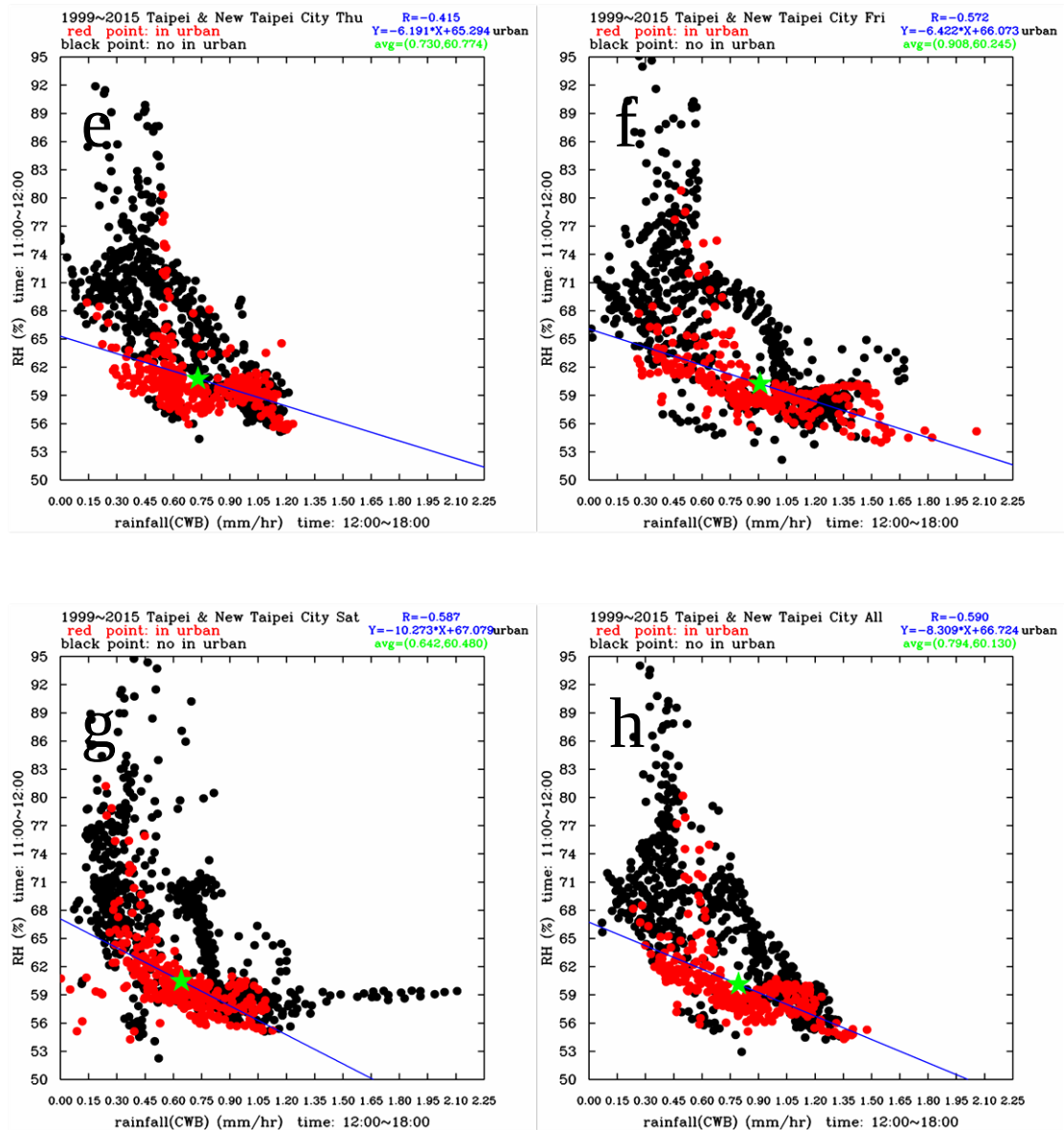


圖 6.5 (續)

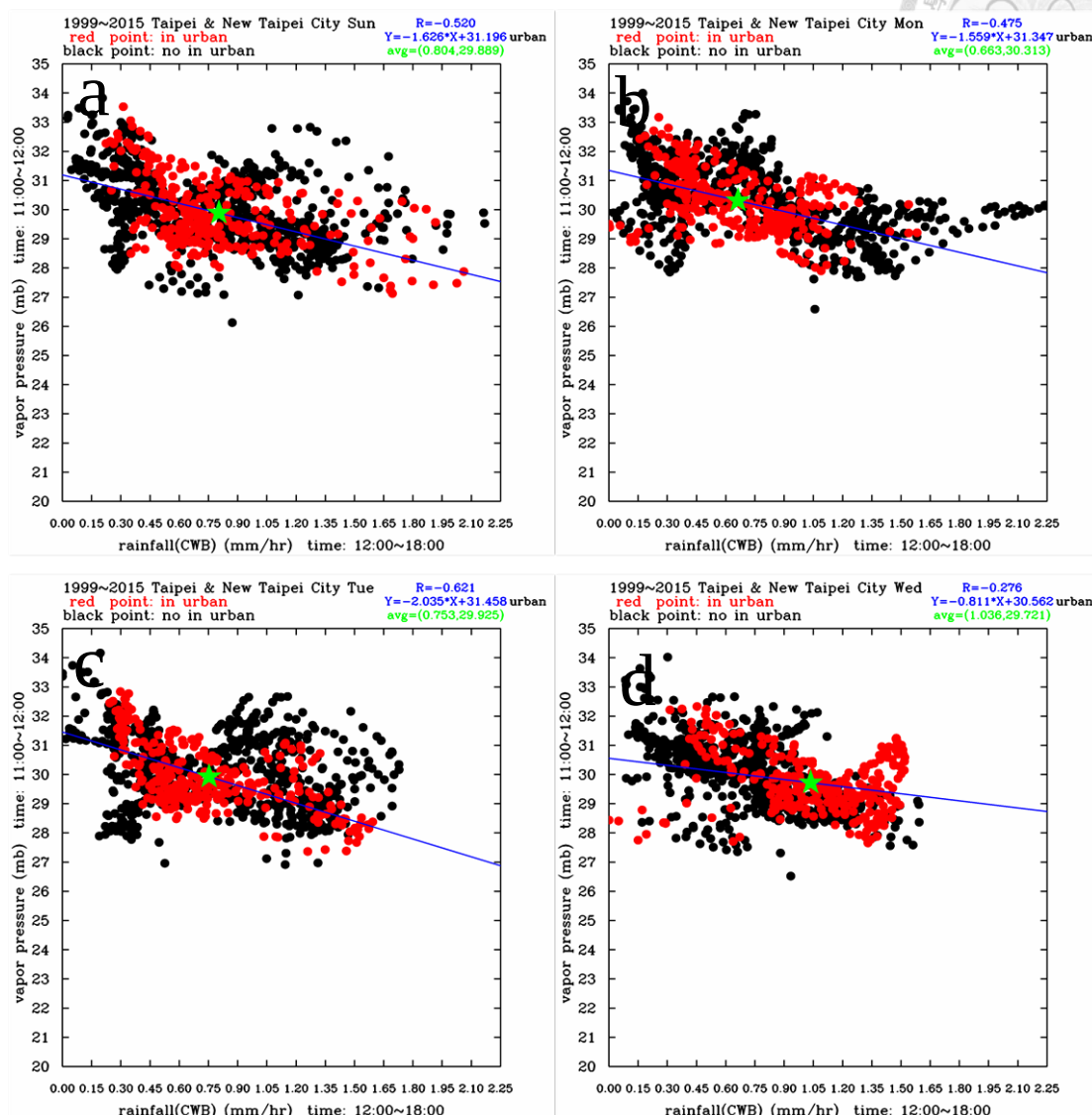


圖 6.6 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00) 平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與水氣壓(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1km)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位:mm h⁻¹)；縱軸座標是水氣壓(單位:mb)。紅色的點為本研究 所定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究所定義台北都 會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅 色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週 三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

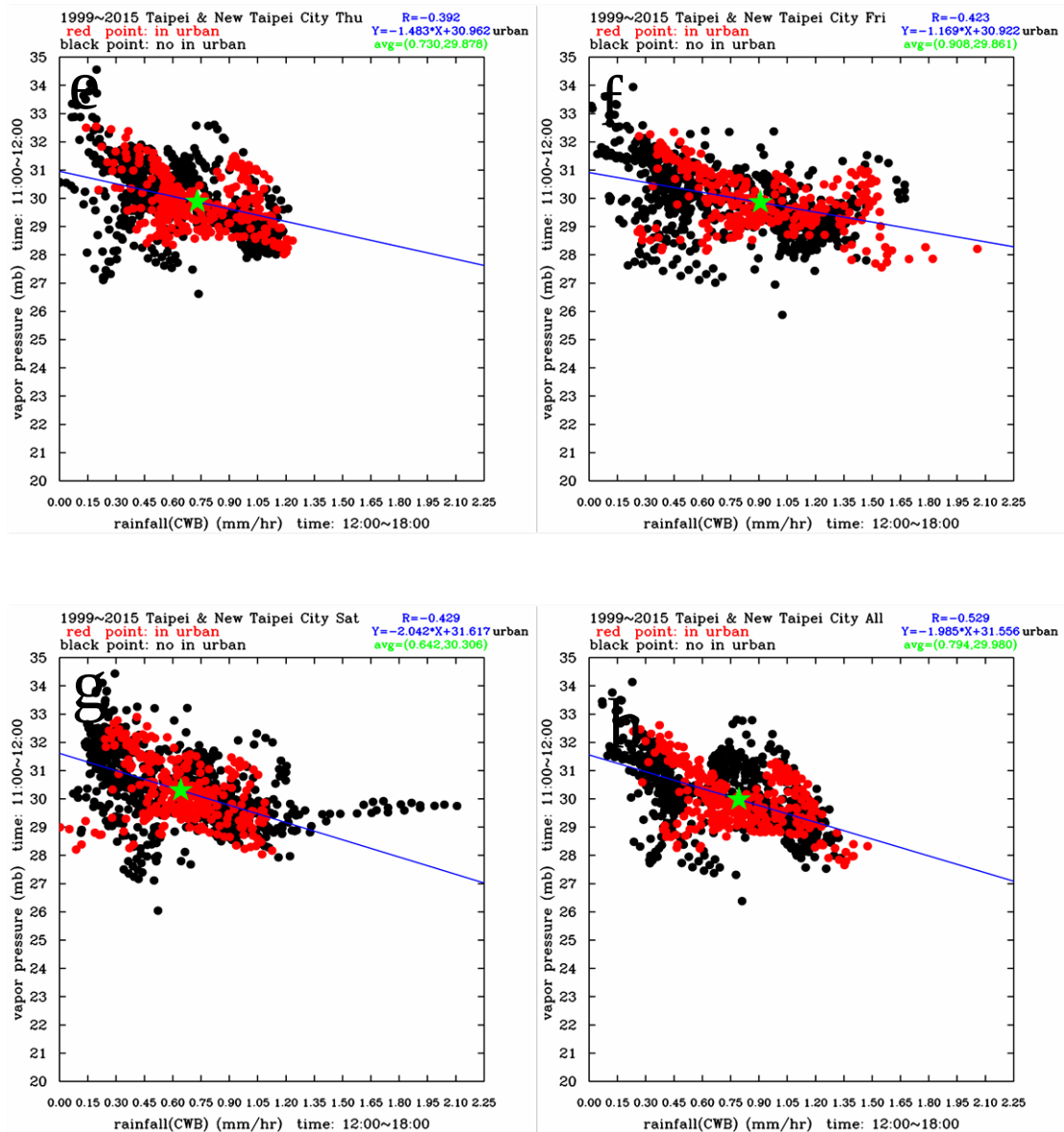


圖 6.6 (續)

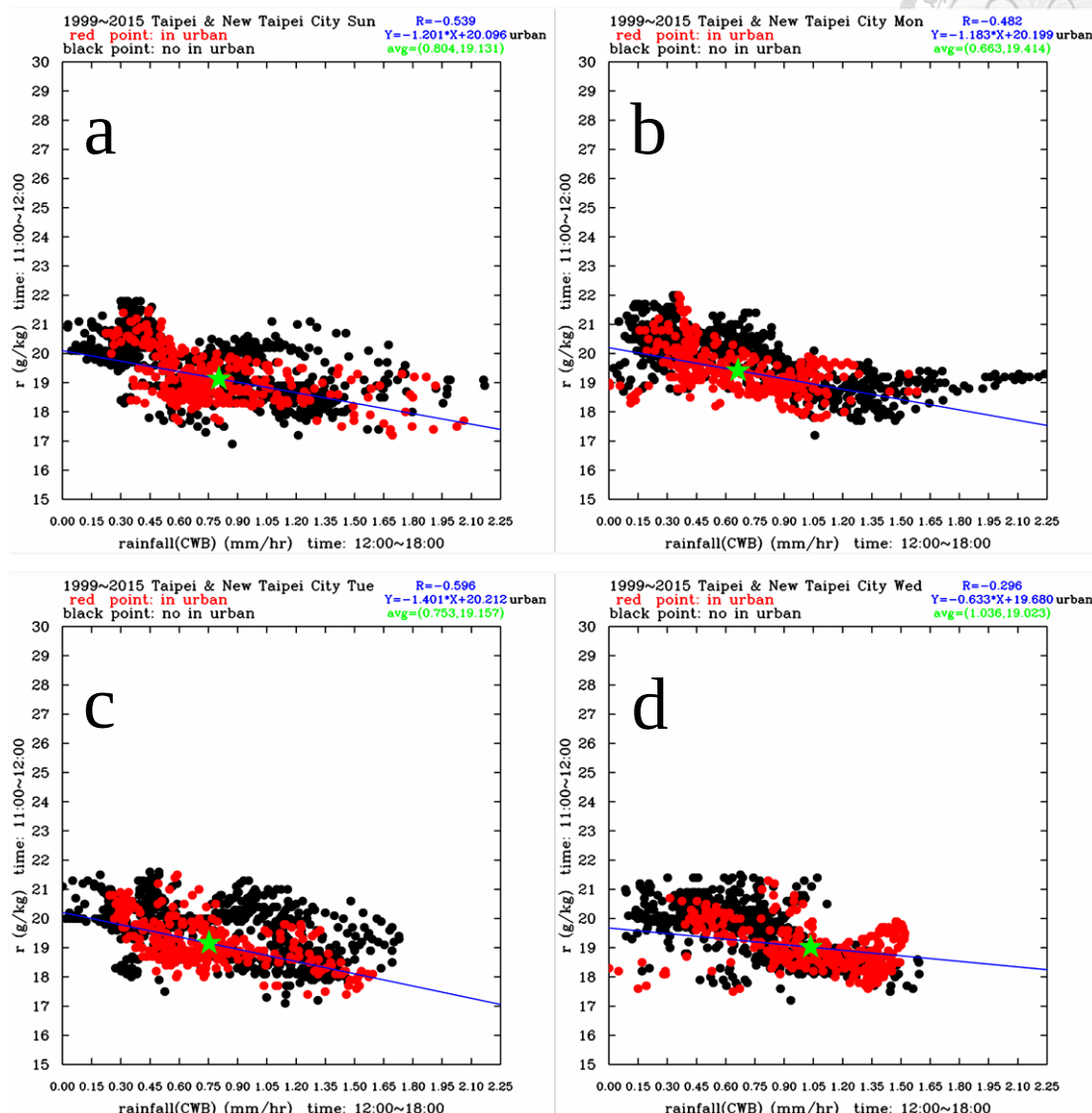


圖 6.7 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00) 平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與混合比(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是 降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是混合比(單位: g kg^{-1})。紅色的點為本 研究所定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究所定義台 北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線 為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、 週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

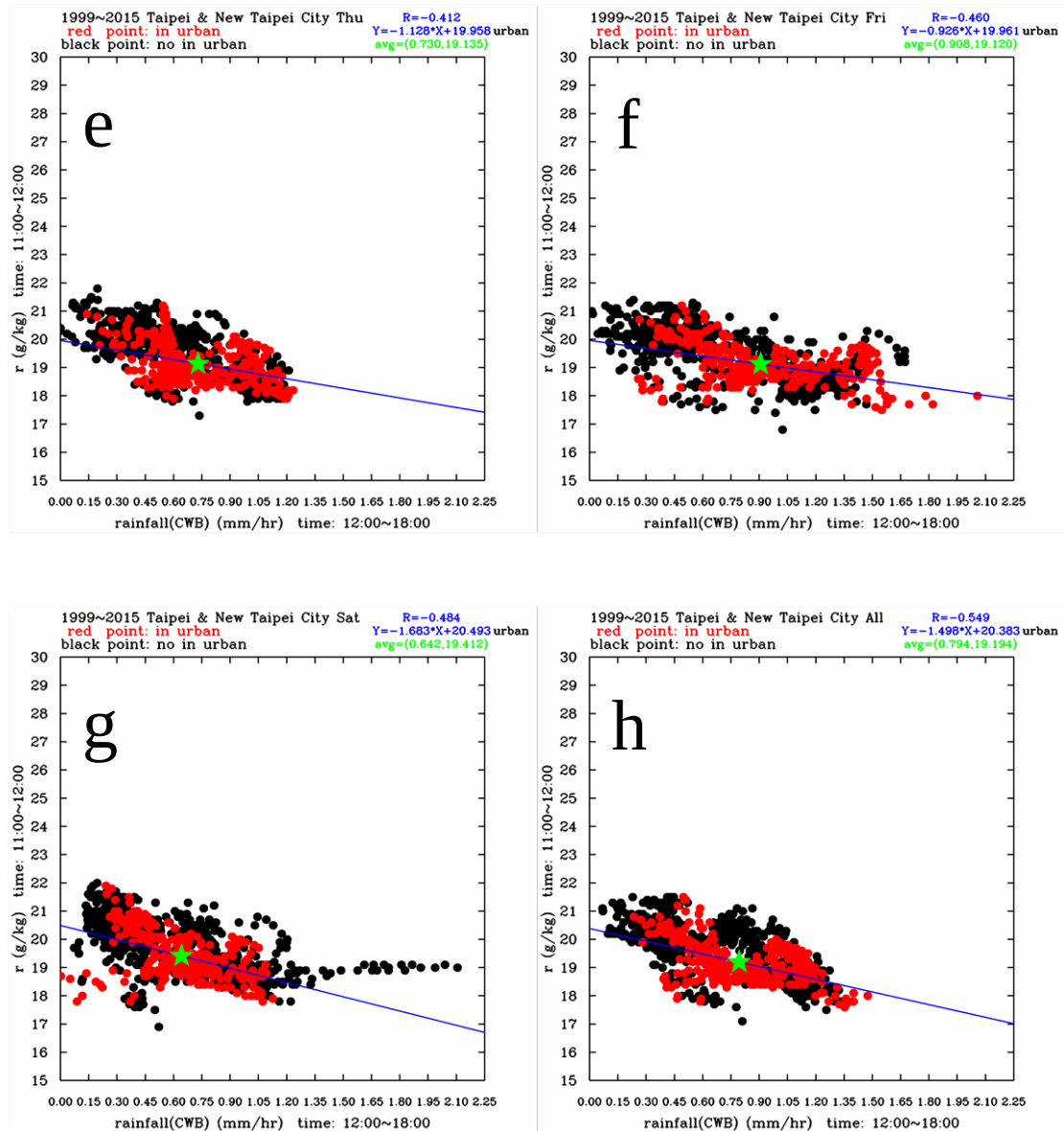


圖 6.7 (續)

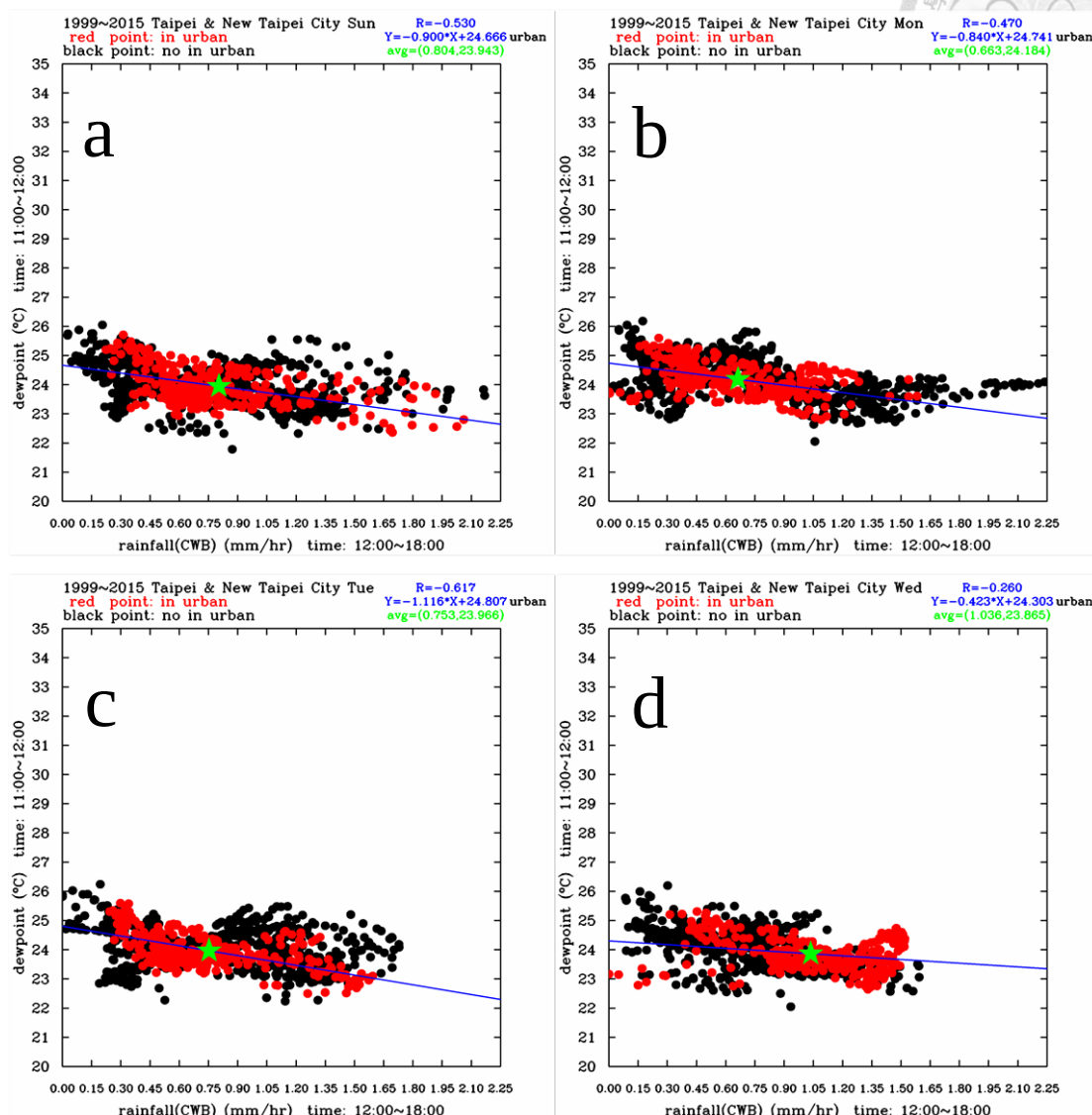


圖 6.8 1999~2015 年夏季(6~8 月)弱綜觀環境下，氣象局午後六小時(12:00~18:00)平均降雨強度經由 Cressman(1959)權重函數客觀分析後所得解析度為 1 公里平均降雨強度網格資料與露點溫度(同樣客觀分析方法，時間為 11:00~12:00，解析度同為 1 公里)空間上點散圖與迴歸分析。橫軸座標是降雨強度(單位: mm h^{-1})；縱軸座標是露點溫度(單位: $^{\circ}\text{C}$)。紅色的點為本研究定義台北都會區範圍之內的網格點；黑點則是在本研究定義台北都會區範圍之外的網格點。綠色星號為橫軸與縱軸個別平均值，藍線為紅色點之迴歸分析後所得之迴歸直線。(a-h)分別為週日、週一、週二、週三、週四、週五、週六、週日到週六全部。

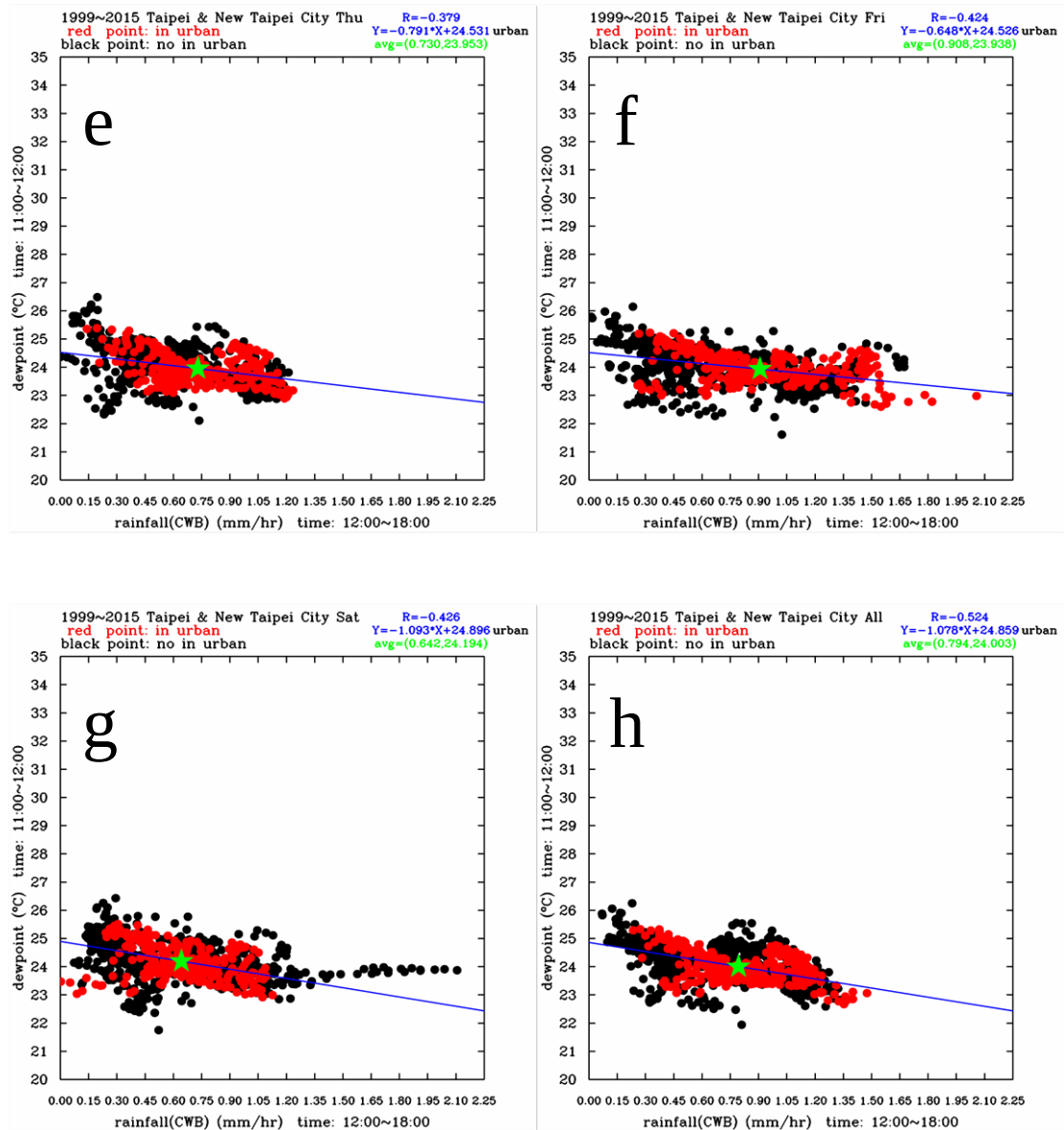


圖 6.8 (續)

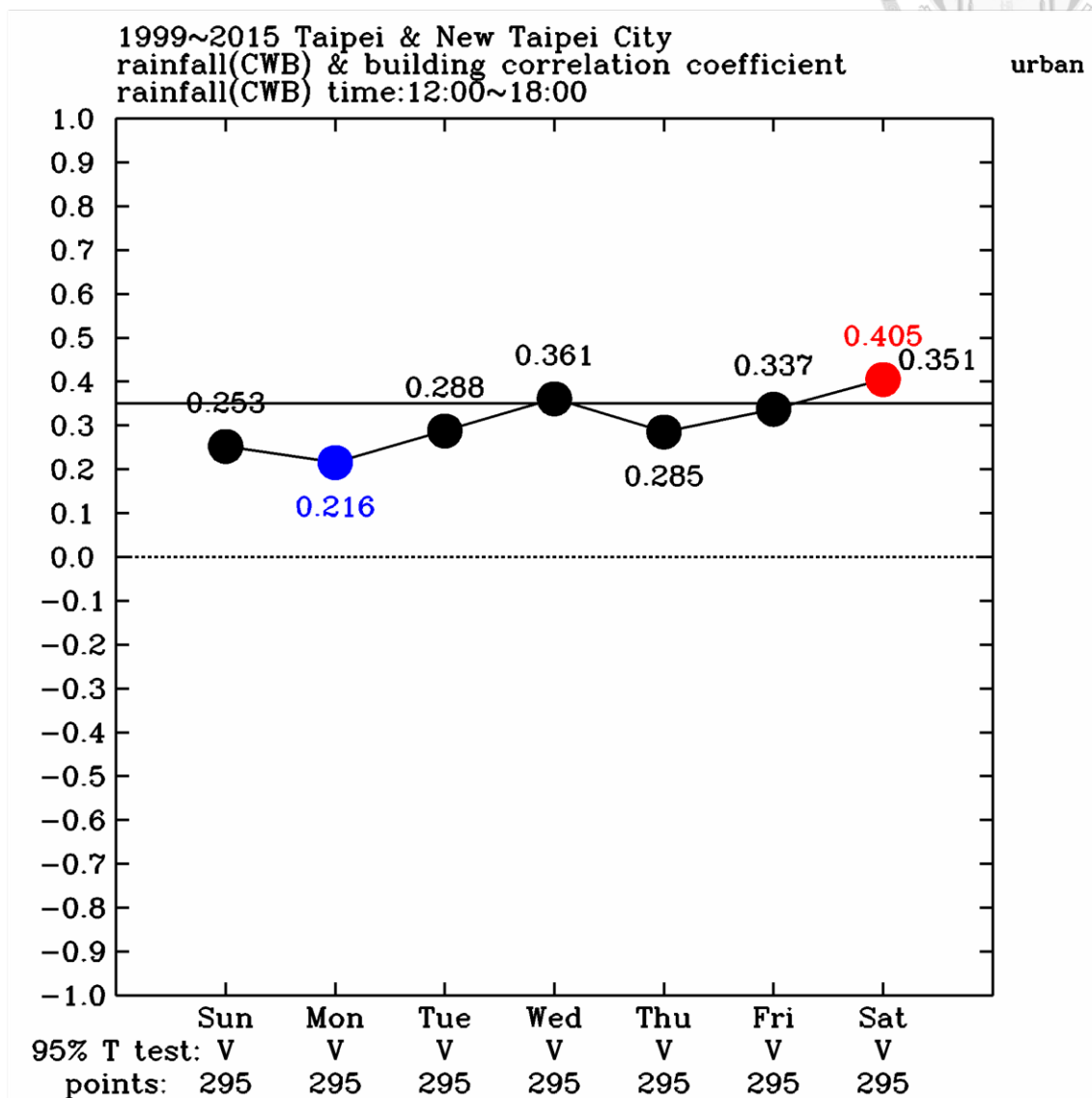


圖 6.9 承圖 6.1 的分析過程與時間，把個別每一天的相關係數繪製為週間圖，每一天其相關係數數值標註於其上，最大值使用紅色標示；最小值使用藍色標示。水平實線為週日到週六所有天數所得其相關係數數值。黑色虛線為零值線。圖下標示每一天的相關係數使用 t 檢定(95%信心水準)的結果，V 表示通過檢定；X 表示沒有通過檢定。

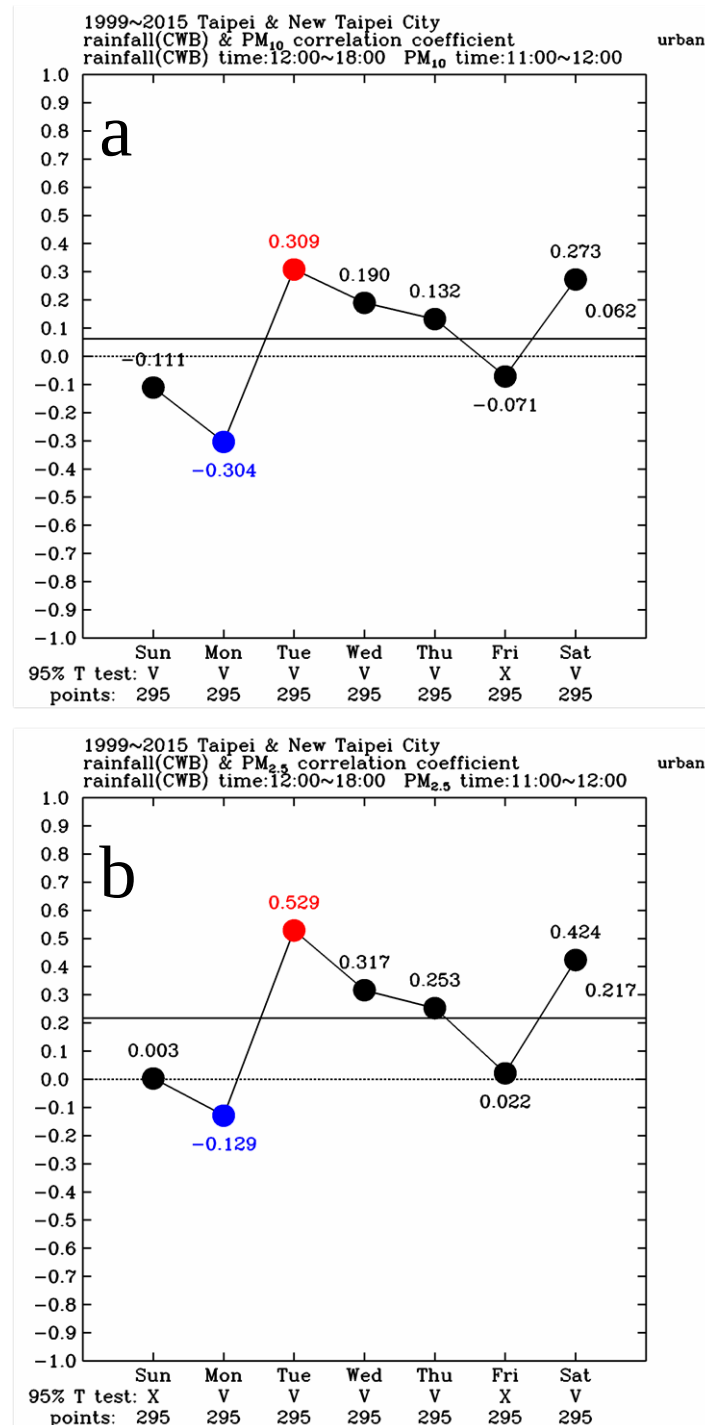
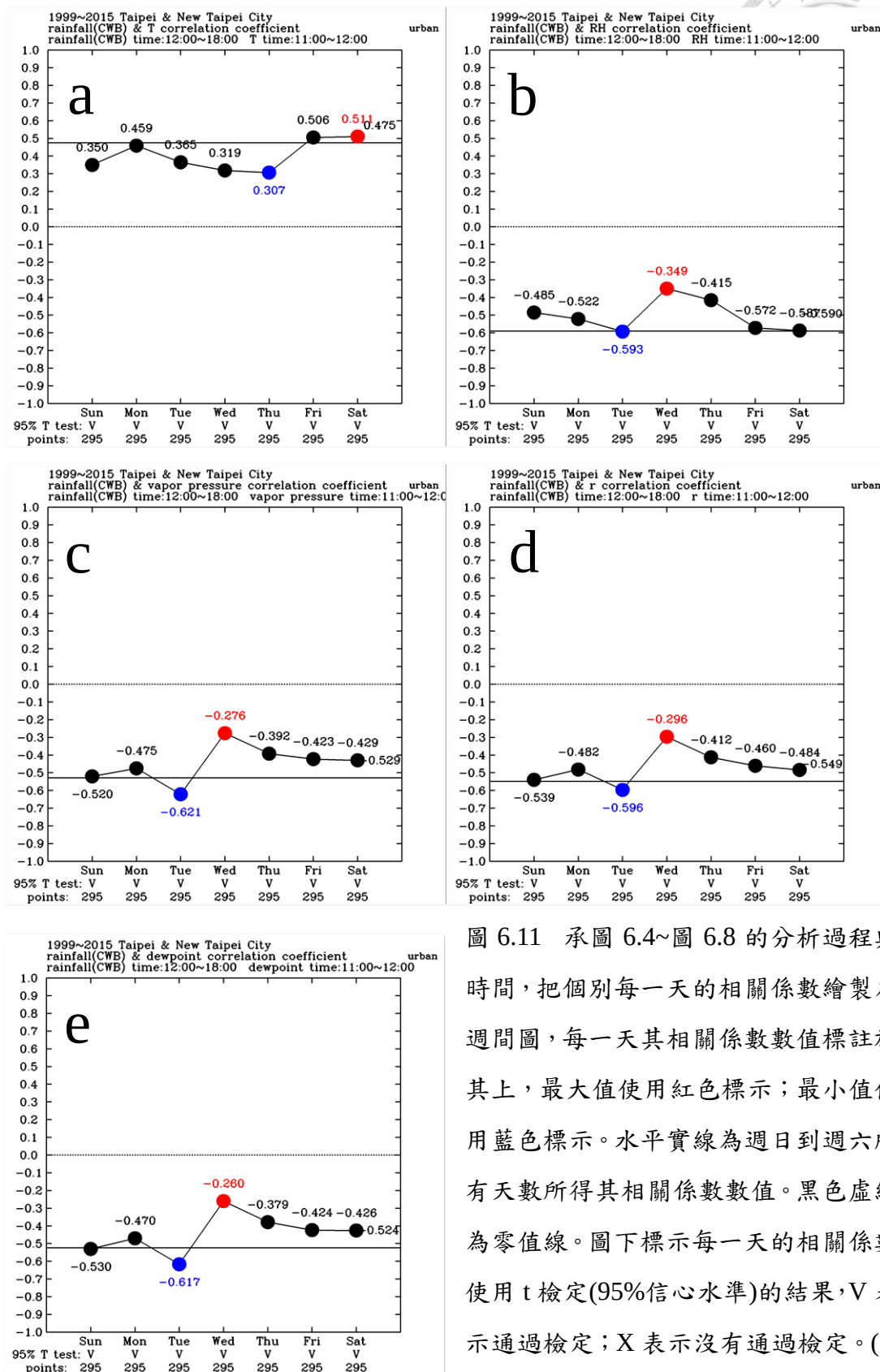


圖 6.10 承圖 6.2~圖 6.3 的分析過程與時間，把個別每一天的相關係數繪製為週間圖，每一天其相關係數數值標註於其上，最大值使用紅色標示；最小值使用藍色標示。水平實線為週日到週六所有天數所得其相關係數數值。黑色虛線為零值線。圖下標示每一天的相關係數使用 t 檢定(95%信心水準)的結果，V 表示通過檢定；X 表示沒有通過檢定。(a)為 PM₁₀；(b)為 PM_{2.5}。



e)分別是溫度、相對溼度、水氣壓、混合比、露點溫度。

圖 6.11 承圖 6.4~圖 6.8 的分析過程與時間，把個別每一天的相關係數繪製為週間圖，每一天其相關係數數值標註於其上，最大值使用紅色標示；最小值使用藍色標示。水平實線為週日到週六所有天數所得其相關係數數值。黑色虛線為零值線。圖下標示每一天的相關係數使用 t 檢定(95%信心水準)的結果，V 表示通過檢定；X 表示沒有通過檢定。(a-