

微氣象監測在建築物能源供需分析的應用—以臺大綠房子陽光室為例

陳詠昌¹ 林博雄¹ 黃建勳¹ 韓選棠²

¹臺灣大學大氣科學系

²臺灣大學生物環境系統工程學系

一、研究目的

本研究針對臺大綠房子一、二樓陽光室和戶外大氣環境，透過 2006 年春末連續四週的氣溫濕度和太陽輻射量微氣象密集觀測，檢視建築物室內和室外溫度與水汽循環條件，評估陽光室在臺北都市氣候的可行性，以及氣象與建築領域合作的參考個案。

二、研究方法

臺大綠房子座落於臺大實驗農場東南側，陽光室設計位於該屋的西偏北 30° 方位，並再區分為一、二樓兩室（圖 1）。室內觀測儀器採用三組 Sensirion SH15 熱敏式溫濕度計與臺大大氣科學系自製的小型資料記錄器，裝設於一樓、二樓陽光室和相鄰二樓陽光室的房間，二樓陽光室另外加裝 Licor 太陽輻射計。室外觀測資料則採用臺大實驗農場相鄰的大氣科學系觀測坪 Metone 氣象站觀測，以及該系館頂樓的 Eppley Spectral Pyranometer 全天空太陽輻射資料。觀測實驗區分為以下四種情境進行：

(a) 對照組 (04/11~04/20, 2006)：將一、二樓陽光室樓板間的通氣孔關閉，一、二樓陽光室的窗戶關閉，一、二樓陽光室與相鄰房間的門關閉，並放下與相鄰房間之間的捲簾；相鄰二樓陽光室房間與相鄰房間的門關閉，窗戶關閉，並且避免陽光照射。

(b) 二樓陽光室內倒窗開啓 (04/20~04/27, 2006)：除了將二樓陽光室的四扇內倒窗開啓，其他條件同對照組。

(c) 一、二樓陽光室通氣孔開啓 (04/27~04/29, 2006)：除了將一、二樓陽光室樓板之間通氣孔開啓，其他條件同對照組。

(d) 二樓陽光室捲簾放下 (04/29~05/03, 2006)：除了將二樓陽光室室內捲簾放下，使陽光室不受陽光照射，其他條件同對照組。

三、資料分析

圖 2a ~ 2d 顯示以上四種實驗情境下的溫度時間序列資料，我們發現無論在何種觀測情境下，綠房子室內溫度受到環境溫度影響變動極為顯著。在晴天天氣型態下，室內與室內的儀器均可以量測到明顯的日夜溫度變化，在陰天或雨天天氣型態下，室內外的日夜溫度變化均趨緩。因此，我們再選取以上四種天氣情境下的晴天個案，分別是 2006 年 04/19、04/22、04/29 和 05/01 等四天進行資料的逐時特徵探討。

(1) 04/19 個案

圖 3a 為 04/19 個案的溫度、水汽與太陽輻射等

氣象參數資料。由四個量測地點所得的溫度時間序列圖，顯示綠房子二樓陽光室當日最高溫 (32.6°C) 出現在 04:15 pm，而臺大觀測坪的當日最高溫 (29.6°C) 出現的時間為 02:48 pm，陽光室最高溫出現時間較室外環境延遲了 1.5 小時左右。04/19 當日 10:40 am 室外溫度高出二樓陽光室溫度約 5.2°C，到了 04:16 pm 二樓陽光室的溫度則高出室外溫度 4.8°C；夜間的室內溫度較室外環境高出 1.5°C 到 3°C 左右，顯示陽光室經過一天日曬，當天夜晚仍然有一定的保溫能力。一樓陽光室最高室溫為 29.0°C，最高溫出現時間與二樓陽光室最高溫出現時間相近，相鄰二樓陽光室的房間最高溫度則再延遲半小時左右 (04:55 pm)。水汽時間序列顯示 (圖 3b)，一樓、二樓陽光室與相鄰二樓陽光室房間，在當日清晨一直到中午 12:59 之前，都比室外環境乾燥 1~2.5 g/kg 之間，午後水汽緩慢上升，二樓陽光室水汽在 04:00 pm 達到最高值 (13.6 g/kg)，與溫度變化趨勢相同，隨後緩慢下降到 07:09 pm，又再度低於室外環境。

由 30 分鐘溫度變率時間序列 (圖 4c) 和 30 分鐘水汽變率時間序列 (圖 3d)，得知室外環境溫度和濕度升高的時間都在早晨到中午之間，午後溫度濕度變化極不穩定，3:00 pm 過後大致呈遞減趨勢；綠房子室內所測得三個房間的溫濕度變化率，也在上午呈現緩慢上升，直到室內所量測到的太陽輻射量達到最高值 (2:30 pm)，一樓、二樓陽光室與二樓陽光室相鄰房間的溫度變化率也都達到最高值，分別為每三十分鐘 0.7°C、1.3°C 與 0.5°C。在 5:00 pm 左右，二樓陽光室溫度下降率為每三十分鐘 -1.0°C，而整個夜晚三個房間的溫度變率為每三十分鐘 -0.1°C 到 -0.5°C 之間。室內三個房間的濕度變化最大量出現在 11:30 am，但濕度變化量數值極為不穩定，在 4:00 pm 之後二樓陽光室濕度變化量為明顯的負值 (-0.1 ~ -0.5 g/kg/30min)。值得注意的是 2:00~3:30 pm 所接收的太陽輻射量與室外太陽輻射量相近，顯示這段時間二樓陽光室受到太陽輻射量最強。這些圖表特徵顯示陽光室的溫濕度變化明顯的受到室外環境影響。

(2) 04/22 個案

本日個案目的在於探討二樓陽光室在內倒窗開啓後的溫濕度參數變化。由圖 4a 得知 4/22 當日環境溫度最高溫 (32.3°C) 在 12:00 左右，二樓陽光室最高溫出現 (32.0°C) 在 04:00 pm。一樓陽光室最高溫出現在 04:30 pm，溫度為 30.3°C。相鄰二樓陽光室房間最高溫 (28.1°C) 出現在 05:00 pm。雖然室外環境溫度條件與 4/19 有所不同，但是室內最高溫出現時間與 4/19 個案相近。二樓陽光室最高溫度與當

時的室外溫度僅相差 2°C，低於 4/19 個案。由圖 4b 得知室外濕度與一、二樓陽光室的濕度極為相近，後者約低於前者 0 ~ 1.8 g/kg。由圖 4c 和圖 4d 得知二樓陽光室溫度和濕度變化率趨勢，和室外環境極為接近，顯示內倒窗開啓對於陽光室溫度和濕度有一定的影響。

個案 4/22 所接收到的室內太陽輻射量較個案 4/19 少得知(圖未示)，可惜大氣科學系測站太陽輻射資料在當日下午有所遺漏，所以無從得知當日室外太陽輻射資料，僅能從室內太陽輻射推論在 02:30-03:00 pm 之間可能有雲朵遮陰影響，造成 04:00 pm 之後的陽光室溫度僅略微升高。

綜合上述圖表資料，可知內倒窗開啓對於二樓陽光室的溫濕度參數改變有一定的影響，但是當陽光射入陽光室，室內溫度還是會因為玻璃的溫室效應而有一定程度的升高。

(3) 04/29 個案

本個案目的是討論一、二樓陽光室在上下層陽光室通氣孔開啓下的溫濕度變化特徵。由圖 5a 得知室外環境的溫度值偏低，而二樓陽光室的溫度從日出後就一直比室外環境溫度高；雖然本個案沒有完整的 24 小時資料，但是仍可以得知二樓陽光室最高溫約在 04:00 pm，溫度為 28.5°C。由圖 6c 得知一、二樓陽光室的升溫趨勢兩者相近，但是一樓升溫幅度沒有二樓高，而室外環境的升溫趨勢也比個案 4/19 低。由圖 5b 得知一樓陽光室濕度在 9:00 am 之後，就從略低於室外環境濕度 1g/kg 一直上升到與室外環境濕度相當；二樓陽光室濕度也有相同的趨勢，但在 03:00 到 04:49 pm 之間，濕度值就高於環境濕度。由圖 5d 得知本個案一、二樓陽光室濕度變化趨勢大致相當，環境場的濕度變化略顯混亂，沒有一定的趨勢。由太陽輻射量觀測數據得知室外太陽輻射量明顯偏少，不若 04/19 個案有大量陽光照射。然而，室內太陽輻射在 02:00 到 03:30 pm 期間的接收量約與個案 04/19 相當。

綜合上述圖表資料，可以得知一二樓陽光室之間的通氣孔開啓，可以有效的交換樓上樓下的溫度和濕度。二樓陽光室在 04:00 pm 仍然比室外環境的溫度高出 3.6°C，我們推測當日下午室內的高太陽輻射量有關。

(4) 05/01 個案

本個案目的為討論二樓陽光室在室內捲簾放下

的溫濕度參數變化。由圖 6a 得知環境溫度與個案 04/19 相當，當日室外環境最高溫 32.8°C (01:30 pm)，而二樓陽光室最高溫出現在 05:15 pm (34.8°C)。由圖 6c 得知室外環境場升溫趨勢與個案 04/19 相當，05/01 的二樓陽光室升溫趨勢也與 04/19 的升溫趨勢相當。值得注意的是，05:00 pm 左右一、二樓陽光室都出現溫度突增變量，原因不明。由圖 6b 和圖 6d 得知，05/01 的室外環境濕度較高，變化也較劇烈。室內三個房間的濕度從 12:00 到 04:00 pm 期間有明顯的濕度增加量，但不若個案 04/19 在上午就有明顯的濕度增加變量出現。由當日室外輻射量得知天氣型態為晴朗天氣，但是室內輻射計因為受到捲簾遮蔽，所以量測到的數值為零。

綜合上述圖表分析，個案 05/01 資料說明了室內捲簾對於室內溫度控制的效用並不高。捲簾雖然阻擋了直接入射到樓層地板的太陽輻射量，但是太陽輻射仍然進入到玻璃介面以內，所以吸收太陽輻射的物質所輻射出來的紅外線長波輻射，仍然升高室內溫度。

四、結論

應用微型氣象觀測儀器量測綠房子室內氣象參數，有助於釐清各種綠色建築和設備，可能產生的效果和效益。陽光室在陽光普照的狀況下的確能有效的發揮保持溫度的效用。一般認為利用室內窗簾或者是捲簾可以阻絕陽光照射所產生的溫度上升推論，經由本文 05/01 個案觀測資料發現並不可行，推論比較可行方式應為把太陽輻射阻隔在玻璃介面外，但仍然尚待實測證實。另外，一般認為在臺灣陽光室可能因為保存過多的熱能，而導致在夏天大量耗用冷氣等空調設備的缺失；由 04/22 的個案分析中，我們發現在有效通風的狀況下，陽光室的溫度升高不如預期，是否良好的通風設計可以有效的將熱能導出，仍有待進一步觀測。

參考文獻

黃建勳，2007，被動式太陽能利用之陽光室空調負荷研究—以臺大綠房子二樓陽光室為例，碩士論文，台北，臺灣大學生物環境系統工程學研究所。

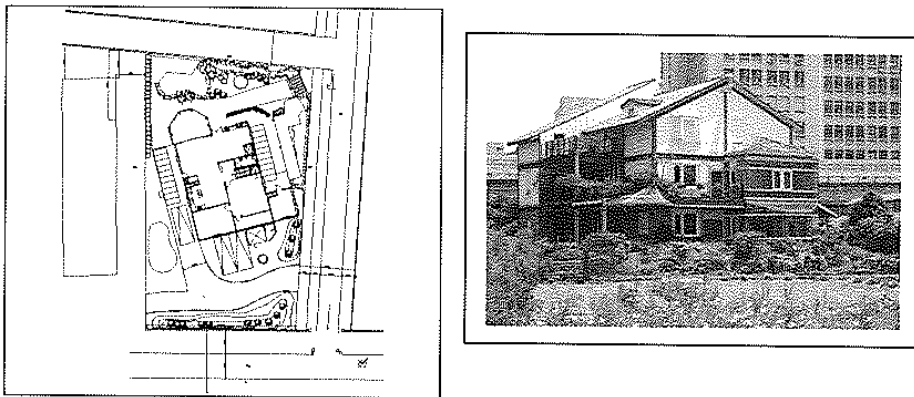


圖 1：臺灣大學綠房子一樓平面圖與右側突出的陽光室。

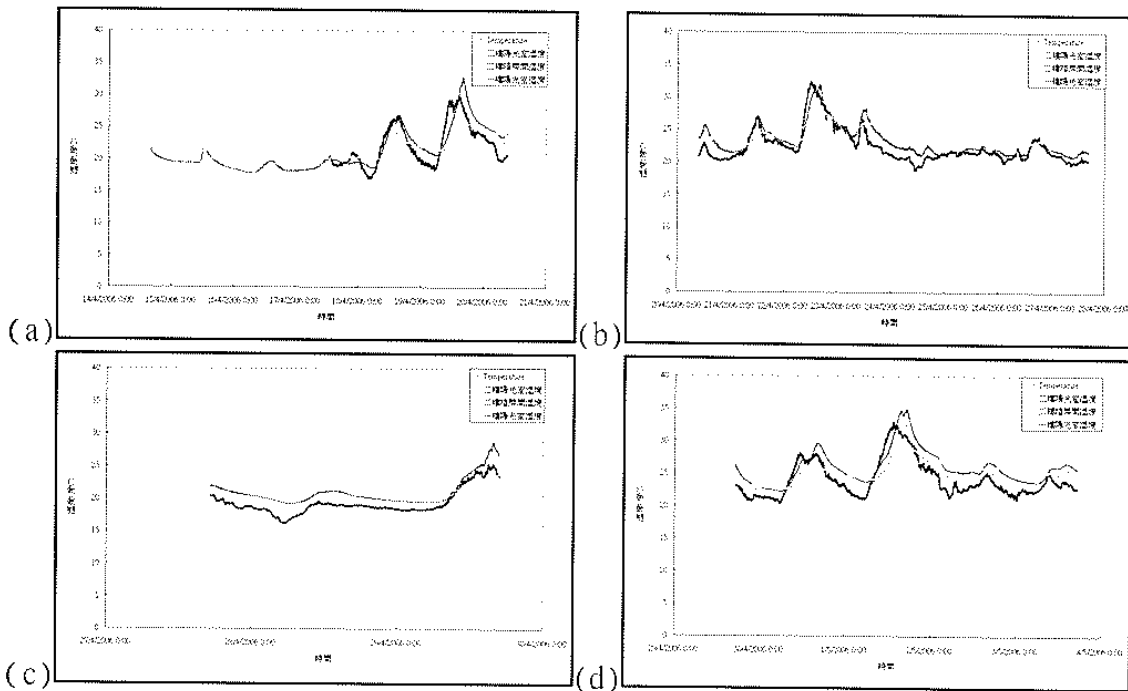


圖 2：四種觀測情境下的溫度資料時間序列分佈：(a)二樓陽光室近似封閉，(b)二樓陽光室內倒窗開啓，(c)一樓、二樓陽光室間通氣孔開啓，(d)二樓陽光室捲簾放下。

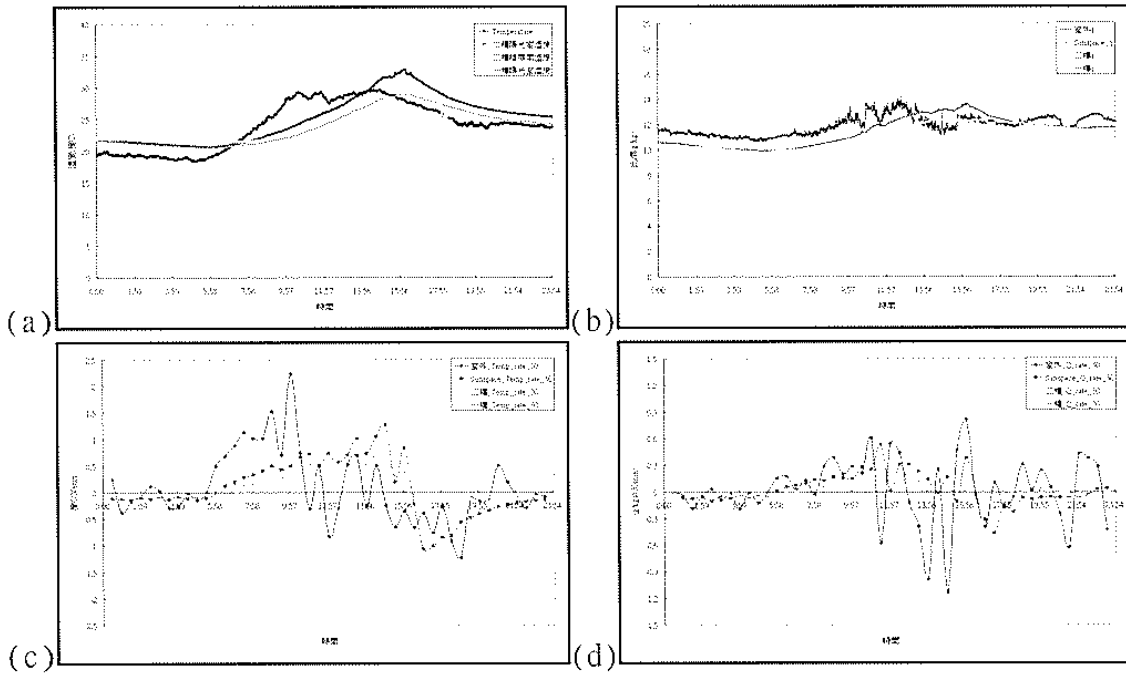


圖 3：個案 2006/04/19 溫濕度與輻射參數時間序列圖：(a)溫度時間序列，(b)濕度時間序列，(c)30 分鐘溫度變化率時間序列，(d)30 分鐘濕度變化率時間序列。

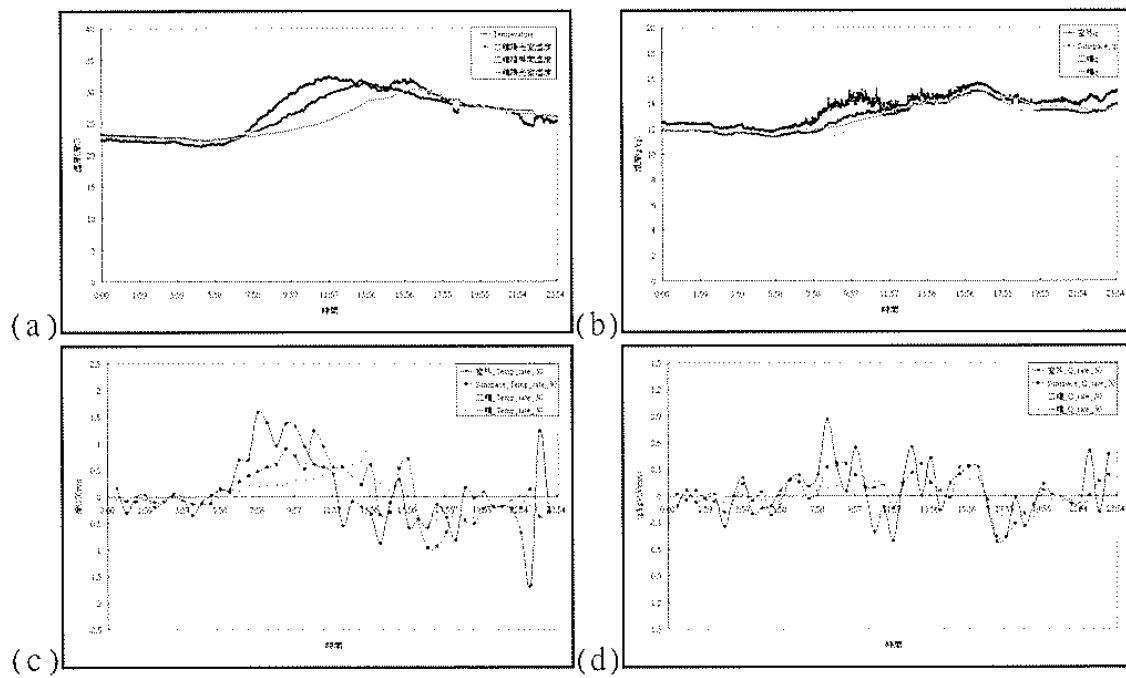


圖 4：2006/04/22 個案溫濕度與輻射參數時間序列圖：(a)溫度時間序列，(b)濕度時間序列，(c)30 分鐘溫度變化率時間序列，(d)30 分鐘濕度變化率時間序列。

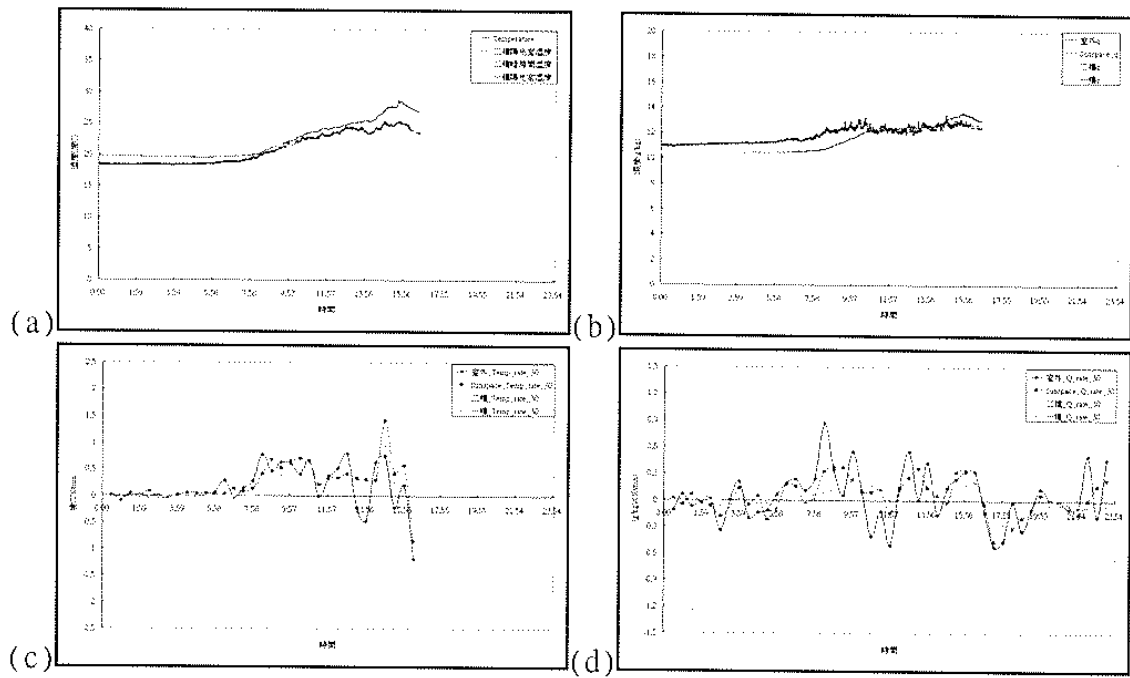


圖 5：2006/04/29 個案溫濕度與輻射參數時間序列圖：(a)度時間序列，(b)度時間序列，(c)30 分鐘溫度變化率時間序列，(d)30 分鐘濕度變化率時間序列。

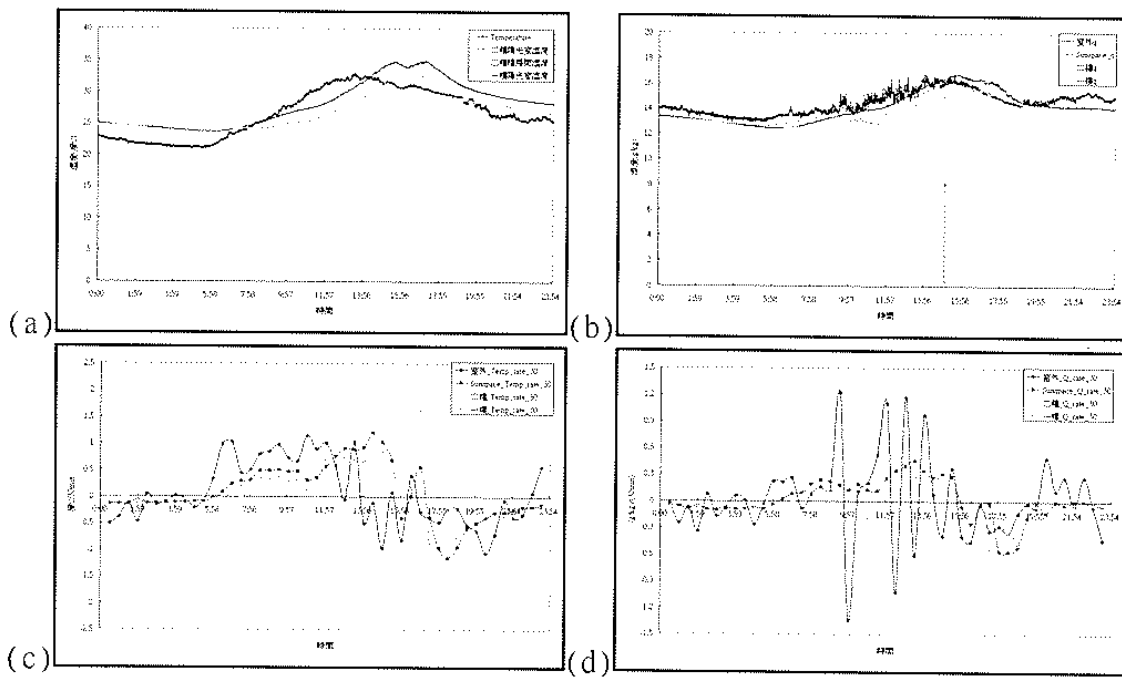


圖 6：2006/05/01 個案溫濕度與輻射參數時間序列圖：(a)溫度時間序列，(b)濕度時間序列，(c)30 分鐘溫度變化率時間序列，(d)30 分鐘濕度變化率時間序列。

小尺度氣象網格即時監測概念個案

林博雄¹ 徐仲毅¹ 賴彥任² 顧靜恆³ 許光裕⁴

¹臺灣大學大氣科學系

²臺灣大學實驗林管理處

³臺灣網路資訊中心

⁴翰昇環境科技股份有限公司

一、前言

芬蘭 Vaisala 公司於 2004 年發展推出的新一代的小型氣象感測整合組件 WXT510 (圖 1, Vaisala, 2004), 分別以超音波感測原理之風向風速感測元件 (WINDCAP) 和雨滴撞擊感測平面 (RAINCAP), 安置在溫度濕度遮罩上方, 取代傳統的螺旋槳風車風速風向計和傾斗式雨量計, 大幅縮小現有天氣觀測組件的體積和安裝難度。若能確認其資料的可靠性和不同季節天氣型態的考驗, 將能實現都市環境、森林水文、遊憩管理等小尺度氣象網格的建置與即時監測的理想, 試驗成果將能帶給中央氣象局、林務局、國家公園、公路交通甚至民間企業物流管理, 在氣象即時監測與資料庫需求的新思維。

基於以上動機, 本研究首先探討臺灣大學大氣科學系/環境保護署合作管理的 Met-One 氣象站(以下簡稱 NEMO), 和芬蘭 Vaisala WXT510 的同地同時觀測的資料比對; 其次, 透過臺灣網路資訊中心 IPv6 網路建置發展計畫之 Live-E 計畫, 於臺灣大學實驗林溪頭營林區建置 4 套 WXT510 氣象感測套件, 透過電腦網路即時性特色, 來測試森林尺度氣象網格即時監測的概念。這一小尺度氣象網格即時監測先驅實驗, 將可提供未來建置更大空間範圍、更高監測空間密度與更短傳輸時間之氣象網格參考。

二、觀測比較

表 1 和圖 2 綜合 NEMO 和 WXT510 兩者在臺灣大學大氣科學系觀測坪的實驗比對的基本資訊和現況; 風場比對方面, NEMO 的 MetOne 風速風向計置放於 10 m 鐵塔頂部, 然而 WXT510 的溫濕度感測又必須和 NEMO 溫濕度計同一高度, 因此本研究將 WXT510 安置在離地 2.5 m 高度, 其一旁再增加一套 Young 公司 5305 風車型風速風向計, 以利資料比對。這些感測元件精確度分別見於 MetOne 公司、Young 公司和 Vaisala 公司官方網站。觀測比對時間分別是 2005 年 11 月 17 日至 12 月 30 日與 2007 年 2 月 1 日至 3 月 2 日, 均採一分鐘平均值記錄。圖 3 是 WXT510 和 NEMO 溫度、相對濕度、風速、風向和雨量等 5 種參數的相關性分析, 除了風向之外, 所有氣象變數的相關係數均高於 0.8, 風向的相關性稍微偏低的理由是部份時間兩套系統的風向剛好在 360 度(北方)的兩側。此外, WXT510 的 WINDCAP 啟動風速和 RAINCA 的微量雨量靈敏度, 均優於現有的風車風速風向計和傾斗式雨量筒, 因此 WXT510 可用以監測氣象變數的微弱變化和瞬間突變之特色。

三、溪頭森林即時氣象網建置和初步成果

臺灣網路資訊中心(TWNIC)IPv6 網路建置發展計畫之中, 有一項子計畫是藉由參與日本Live-E計畫 (<http://www.live-e.org/>), 透過 WXT510 和 ECHELON internet server 來展示網路即時監看地球環境的概念。TWNIC 擬透過這一跨國性合作計畫, 在臺灣設立幾處 WXT510 即時氣象觀測點, 成為 Live-E 計畫的一員; 截至 2007 年 5 月為止, 共有 207 個 WXT510 即時氣象資料顯示在網頁 <http://weather.hongo.wide.ad.jp/WDshow/WDshow.aspx> 之中。本研究在 TWNIC 和 Vaisala 台灣代理商翰昇公司贊助下, 將其中 4 套 TWNIC 布設於臺灣大學實驗林溪頭營林區, 提供臺灣大學實驗林管理處進行森林遊憩管理應用和森林微氣象研究的先驅試驗。圖 4 是這 4 套 WXT510 在溪頭森林遊樂園區的布點位置, 它們的即時氣象資訊經由無線和有線網路的聯通下, 世界各個角落的人可以透過電腦瀏覽器登入到 <http://wxt510.cook-team.org> 網站分享。研究人員則可進一步要求取得過去資料來分析探討森林微氣象, 在不同林分、不同森林空曠度和海拔高度的溫度、濕度、風場和降雨量的小尺度差異。上述網站還進一步連結到溪頭森林園區銀杏林(圖 4 的 #162)所進行的更小空間尺度(5~10m 間距)的無線感測網路(賴等, 2007; <http://163.22.181.7/xoops224/modules/tiny2/>)。林務局也將在 2007 年 6 月在南投蘆山到花蓮銅門的「能高越嶺古道」架設 3 套 WXT510 系統, 本研究將持續觀察整理它們在臺灣山林步道系統的微氣象監測效果, 並進一步推廣到城市便利商店氣象網的建置。最後, TWNIC 在臺灣大學大氣科學系設置的 WXT510 (圖 5) 將持續和現有的 NEMO 系統進行長期比對校驗, 做為 WXT510 資料應用的參考站。

參考文獻:

- 賴彥任, 邱祈榮, 魏聰輝, 沈介文, 林清儒, 2007: 以無線感測網路技術進行森林微氣象觀測之先驅實驗。投稿 *大氣科學*。
- Vaisala, 2004: Multiple Measurements in a Single Instrument—New possibility for weather measurement. *Vaisala News*, 166, 27-29。