

「臺灣長期氣候資料整集分析」計畫研究(3)－ 大台北區測站氣溫空間關係探討

詹智雄¹、陳雲蘭²

中央氣象局氣象科技中心¹、中央氣象局氣象預報中心²

馮智勇³、劉家豪³

多采科技有限公司³

摘要

臺灣氣候資料整集分析計畫是中央氣象局為提昇氣候與氣候變遷應用服務能力，所規劃四年(103~106年)工作計畫的一個子項部分，此子計畫整理累積已近20年的自動氣象站觀測值，擬產出1998年以來的高解析網格化逐時資料。在網格化分析工具方面，此計畫採用克利金內插技術，與其他以距離反比權重及事先給定影響半徑的內插方法相比，克利金方法的內插權重係數乃根據資料的分布特性決定，而非事先給定，更具客觀性。克利金方法強調透過測站之間的空間統計關係以分析半變異圖模式決定內插參考站影響力隨距離變化的趨勢函式，並且以最小誤差求算最佳化權重係數，但在應用過程如何選定空間範圍進行測站關係分析，以及半變異圖模式對形成估計誤差的影響力仍是常被討論的議題。為加強了解克利金內插值的表現及其誤差來源，本研究從分析測站資料相關性的角度探究此問題。

一、前言

臺灣氣候資料整集分析計畫由103年開始執行，其中一項目標是整理累積已近20年的自動氣象站觀測值，並產出1998年以來的高解析網格化逐時資料。此計畫所使用的網格化工具，乃由克利金方法發展而來，同時，除了用於產製高解析網格化資料之外，克利金方法亦是資料補遺過程中，所依賴的空間統計內插工具(陳，2014)。關於網格化或內插工具，與其他以距離反比權重及事先給定影響半徑的內插方法相比，克利金方法的內插權重係數乃根據資料的分布特性決定，而非事先給定，更具客觀性(李，2009)。克利金方法強調，透過測站之間的空間統計關係以分析半變異圖模式，決定內插參考站影響力隨距離變化的趨勢函式，並且以最小誤差求算最佳化權重係數，但在應用過程如何選定空間範圍進行測站關係分析，以及半變異圖模式對形成估計誤差的影響力仍是常被討論的議題。

克利金方法的操作大致可包含3個部分：(1)結構分析(Structure Analysis)：可決定物理量的影響變數的選擇及其型式，例如： $T(x,y,z) = b_1X + b_2Y + b_3Z$ ，

可用迴歸方法檢驗影響變數的顯著性。(2)參數估計(Parameter identification)：包含一階動差與二階動差的估計，前者為平均趨勢函數，後者為半變異圖函數。(3)根據所分析結構，在一組不偏估條件下，以最佳化方式求算權重係數。上述3個部分的結構分析及參數估計是克利金實務應用時的分析及研究重點(李，2014)，相關分析顯示參數估計的差異性可影響內插值表現。為加強了解克利金內插值的表現及其誤差來源，本研究從分析測站資料相關性的角度探究此問題。

在克利金半變異圖函數中有一個參數是『積分長度』，是用來決定『影響範圍』的。意思是對於要估計的內插點而言，在此估計影響範圍內的測站所給予的權重會比較高。藉由了解各個測站在台灣空間分佈上之間有什麼關係？是怎麼樣的溫度關係會決定了克利金方法的積分長度？在季節上或日夜變化上，克利金方法的表現又是如何也是本文探討的重點。

二、資料來源與研究方法

本研究選定2011年至2014年為分析範圍，挑選有效資料量達85%以上的測站，選出氣象局自動氣象

站共 88 站，和本局人工測站 22 個，總計代表測站共有 110 站。

(一) 資料來源

觀測資料：克利金面化使用 110 站做輸入檔，所選定 110 站的溫度觀測資料，使用 2011 至 2014 年間的時資料。而本文分析著重在大台北區的 28 站(圖 1)，4 站氣象局人工站，24 站自動站。

克利金面化資料：輸入檔以選定的 110 站溫度觀測時資料。再利用遮蔽測站法，得到的該點估計值。

(二) 研究方法

觀測資料的研究方法，主要看測站與測站之間的相關性，以選取某站，再與其鄰近站做溫度時資料兩兩相關的分析。比如說，選取台北站 2011-2014 年間，一月份每天 12 時的溫度時資料(31 x 4 共 124 筆)，再與鄰近某站相同時段的溫度時資料，計算其相關係數(Correlation coefficient)。

克利金對測站估計值的研究方法，主要利用遮蔽測站法(或稱去一法，Take One Out)。先遮蔽欲估計測站的觀測值，用其餘測站使用克利金方法，來預估該測站，再將遮蔽法預估的值與真實觀測值比較之。亦即本研究所有 110 個參考站，去一估計法每次挑出一目標站，利用其餘 109 站來估計其數值，共重覆作 110 次的估計，最後以此 110 組估計值，對觀測值的正確模擬能力，來量化說明此方法估計的可信度。

三、結果分析

(一) 克利金遮蔽測站法的成效分析。

本節將利用克利金遮蔽測站法，分析季節的變化和日夜的變化，來看克利金方法的表現。是否在什麼季節，克利金的方法，會有好的表現？而什麼季節，預估的能力會下降；而一天 24 小時中，克利金方法的成效，是否也存在著日夜的差異呢？則是本節研究的重點。

圖 2 至圖 5 為固定某時、某月份，將 110 站用克利金遮蔽測站法得到的估計值，與觀測值來計算其相關係數，用相關係數來表現克利金方法的成效。方盒圖表示大台北地區 28 個測站克利金成效相關係數值的分佈情形。

圖 2 為固定每天 07:00 時，圖 3 則為 17:00 時，X

軸為 1-12 月份，Y 軸為相關係數。從圖 2 和圖 3 很明顯可以看到，克利金遮蔽測站法的成效，在夏季時(6-8 月)的表現，無論是早上的 7 時或是下午 17 時，都是整年度當中，所有月份表現比較不好的。在 07:00 的 7 月，有些測站甚至低已經到 0.1 以下了

再比較白天和深夜的差異，圖 4 和圖 5。圖 4 為 12:00，圖 5 為 24:00，X 軸為 1-12 月份。由圖 4 圖 5 也可以明顯看到相似的結果，在夏季時(6-8 月)的表現白天正午的 12 時或是深夜 24 時，都是表現較差的月份。

由以上克利金遮蔽測站法所得到的成效分析來看，夏季與深夜都是相對表現比較不好的時候。接下來以固定月份，來看日夜變化的表現。由圖 6、圖 7 來看克利金的日夜變化表現，很明顯看出，白天的相關係數比晚上高出許多，尤其是冬季的 1 月，有高達 0.98、0.99 以上的表現。

(二) 克利金面化方法的積分長度分析。

在克利金的面化方法中，對於測站估計值有一個『積分長度』參數，代表的是影響半徑。將 110 站的時溫度當作輸入項，再以克利金方法面化成 200x360 的 1 公里網格，期間會得到一個積分長度的參數，單位為公里。本節藉由此估計的積分長度來看季節的變化與 24 小時的日夜變化，並與上一節的結果一起比較來進行觀察。

圖 8 為 07:00，圖 9 為 17:00，X 軸為 1-12 月份，Y 軸為積分長度。此二圖可以明顯看出，克利金所估計的積分長度(L)，在夏季的 6-8 月，無論是早上的 7 時或是下午 17 時，都是比較小的月份，平均大約都在 10 公里以下，而冬季平均則有 20 公里左右。比較圖 10 中午 12 時和圖 11 半夜 24 時，仍然可以明顯看出，在夏季的 6-8 月，積分長度(L)都是比較小的月份。和圖 8、圖 9 的 07、17 時有著相似的結果。

與前一節分析克利金遮蔽測站法的相關係數來比較，在冬季時的相關係數高，積分長度是比較大的，平均有 20 公里；當相關係數低的時候，通常積分長度是比較小的，大致都在 10 公里以下。

(三) 單站與鄰近站的相關分析。

看過克利金的成效分析與積分長度之後，本節將從測站與測站之間的相關情形來進一步探討。圖 12

以 466920 台北站為例，選擇了克利金表現比較好的時間 1 月(代表冬季)，與另一個比較差的 7 月(代表夏季)來分析。藍線與紅線分別代表台北站的觀測溫度，在 2011-2014 年 1 月和 7 月份每天的 12 時，與鄰近測站的相關係數。直藍線 L(1)21.8Km 和紅直線 L(7)11.5Km，分別為 1 月份和 7 月份的 12 時，以克利金面化法所估計出來的積分長度值。

以 1 月來說，克利金估計積分長度為 21.8 公里，由圖可見在此距離內，台北站與鄰近站表現了高度相關(可達 0.9 以上)。而 7 月時克利金估計的積分長度為較冬季短的 11.5 公里，顯示影響範圍是比較小的，而看台北與鄰近站的關係，在距離很短之內就急遽下降(在距離 10 公里左右的相關已低到 0.8)，表現與克利金法估計出較短積分長度的結果相符。

由此顯示，克利金法積分長度的正確估計是重要的，假設在 7 月的積分長度是 20 公里，就會包含到更多關係不好的測站，會使得面化的估計結果表現更差。

整體來說，1 月(冬季)測站之間的關係可維持到較遠的距離；而到了夏季的 7 月，測站彼此之間的關係就沒有 1 月來的好，初步研判與冬季整個台灣受到季節性的氣候尺度影響較大，而夏季各地測站皆呈現較區域性的表現，使得彼此較無像冬季來得相關這麼高。

接著看不同時段於深夜 24 時的例子。圖 13、圖 14 分別以 466920 台北站及 C0A860 大坪站為例，兩站同樣顯示出，在夏季(7 月)測站之間的相互關係較冬季(1 月)差，大坪站甚至在距離 5 公里內的鄰近站，相關係數就直掉到 0.6 以下了。而克利金法所估計的積分長度，和圖 12 中午 12 時呈現一樣的情況。在夏季時的積分長度也較冬季小得許多。

綜合上述結果發現，冬季時克利金所估計的積分長度值較高，而測站與鄰近站之間的相關係數，即使距離到了 20 公里，也是高度相關，符合了克利金所估計較大的影響範圍(圖 15)；反觀夏季(圖 16)，克利金估計了較小的積分長度，驗證測站之間的相關性確實在距離很短的範圍內就下降了許多，而且隨著距離增加相關性下降的幅度更大，也與克利金估計較小的影響範圍結果相符。

四、討論與結論

本節進行綜合討論，藉由一個整合圖來同時表現大台北區 28 個測站的克利金成效相關值分析以及測站在積分長度距離內與其他站的相關分析。為了突顯比較的差異性，我們選取克利金成效較好(1 月份的 12 時，圖 17)與較差(7 月的 24 時，圖 18)的 2 個時段做為代表。圖 17 及圖 18 兩圖中的 4 條曲線分別表示：(1)粗黑線：表示克利金的不確定性，也就是估計的成效。以大台北 28 站為分析目標，將使用克利金去一法所得的估計值，與真實觀測值兩兩筆較計算其相關係數，再將相關係數的結果，由 28 站當中最高到最低，由左至右排列，X 軸的測站編號即為該數值的對應。以下 3 條線為測站與鄰近站之間的相關程度。(2)紅虛線：在估計的積分長度內，與該站的鄰近測站溫度相關係數最高者(max)。(3)綠粗線：在所估計的積分長度內，與該站的鄰近測站溫度相關係數位於中位數者(median)。(4)藍虛線：在所估計的積分長度內，與該站的鄰近測站溫度的相關係數最低者(min)。(5)直條圖：在所估計的積分長度內(單位：公里)，計算與該站的鄰近測站數量。

從這 2 張圖來看，圖 17 顯示冬天這 28 站的克利金估計值幾乎都是與實測值有高度相關，表示克利金方法的預估能力在冬天的白天表現不錯；反觀圖 18，夏天的差異就很大了，有超過一半數量的測站其克利金估計相關係數降至 0.8 以下，最低甚至降到 0.4。從克利金所估計的積分長度來看，圖 17 時段上屬於冬天 1 月份的白天，平均積分長度為 21.75 公里；圖 18 則為夏天的夜晚，平均積分長度為 7.75 公里，表現出季節等背景的差異。

進一步從測站跟測站之間的關係來看，冬天各站與鄰近站最高相關值(max)在 28 站都很高，而夏天的 max 值僅前面 10 站左右達到 0.9，其餘則較差，甚至有低到 0.3 左右的情形。由此可知，克利金的估計表現，不僅和積分長度有關，在這長度範圍內測站之間的關係也具影響性。與夏天相比，冬天的積分長度值較高，測站與鄰近站的相關值也高，克利金的表現就相對較好。

最後，比較各站在積分長度距離內擁有的鄰近站個數。在冬天克利金估計的積分長度大，影響範圍大，包含的測站多；而夏天克利金估計的積分長度短，影

響範圍小，包含的測站數量就少許多，甚至有些測站的鄰近站個數為零，沒有參考的測站可以估計，克利金會以一個平均場來估計，自然也會影響估計成效。

總結而言，影響克利金法內插權重係數的積分長度，會根據觀測資料的分布特性動態決定，而非事先給定一個固定值，更具客觀性。在冬季的白天，各測站之間的關係良好，即使距離較遠的測站也能維持很高的相關性，驗證克利金估計的積分長度確實也比較大，對於測站的預估能力也比較好；而在夏季的夜晚，測站溫度的相互關係較差，克利金估計的積分長度也小了許多，被納入估計的鄰近測站關係也不好，更導致克利金對於測站的預估能力下降許多。克利金法動態估計有效的積分範圍，確實可以增進其預報表現，若是錯誤的積分長度，反而納入更多關係不好的測站，影響其預報表現。

五、參考文獻

李天浩, 2009: 應用克利金法建立高解析度網格點氣象數據之研究。交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。

李天浩、溫欣儀、陳雲蘭、陳孟詩，2014，「通用克利金法的統計結構模型選擇和參數檢定方法」，交通部中央氣象 103 年天氣分析與預報研討會論文集。

馮智勇、劉家豪、陳雲蘭, 2012:客觀分析法地面溫度案例分析。101 天氣分析與預報研討會論文彙編, 中央氣象局, 137-142。

陳雲蘭、陳品妤、詹智雄、沈里音、馮智勇、劉家豪、林佑蓉，2014：台灣自動氣象站氣溫資料補遺方法探討及網格化分析。103 年天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局。

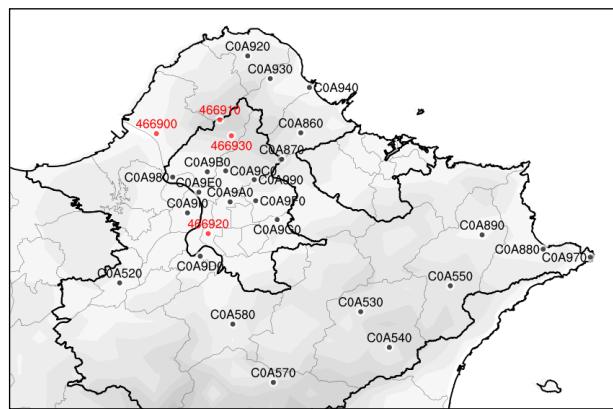


圖 1 本研究中，大台北的 28 個觀測站的分布圖。紅點為人工氣象站，黑點為自動站。

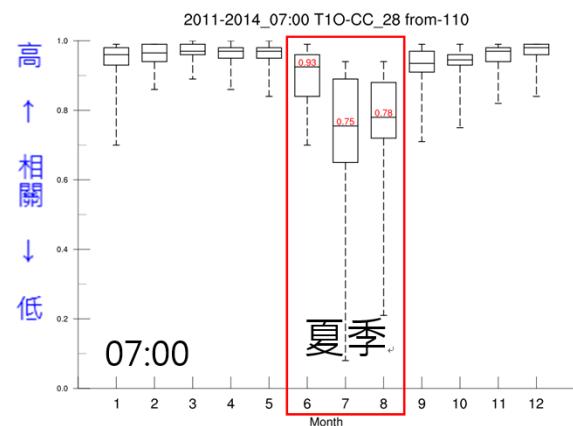


圖 2 克利金成效逐月變化圖，方盒圖表示大台北地區 28 個測站克利金成效相關係數值的分佈情形。取樣時間為 2011 年至 2014 年各月每日上午 7 時。

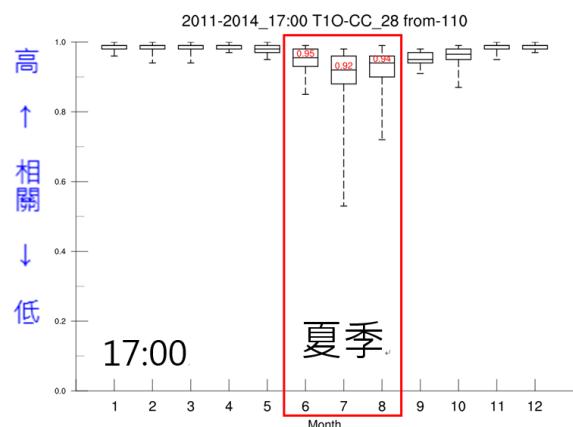


圖 3 同圖 2，但取樣時間為每日下午 17 時。

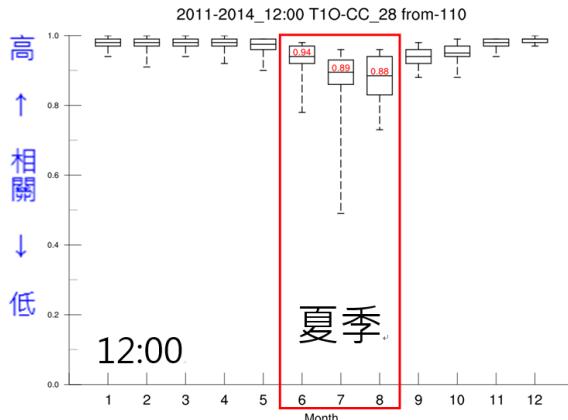


圖 4 同圖 2，但取樣時間為每日中午 12 時。

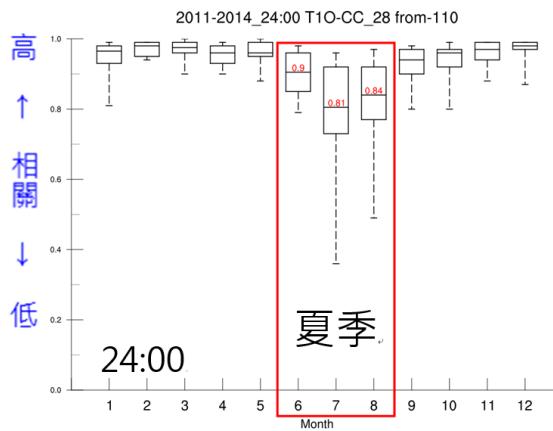


圖 5 同圖 2，但取樣時間為每日半夜 24 時。

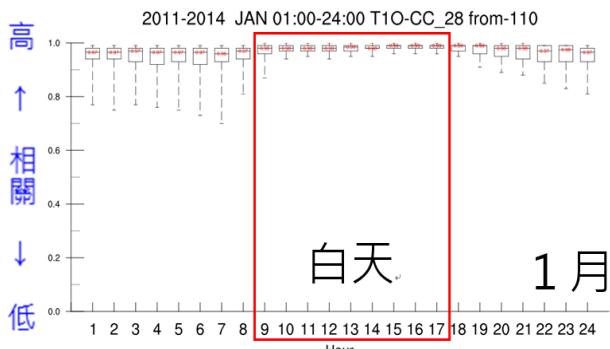


圖 6 克利金成效逐時變化圖，方盒圖表示大台北地區 28 個測站克利金成效相關係數值的分佈情形。取樣時間為 2011 年至 2014 年 1 月份。

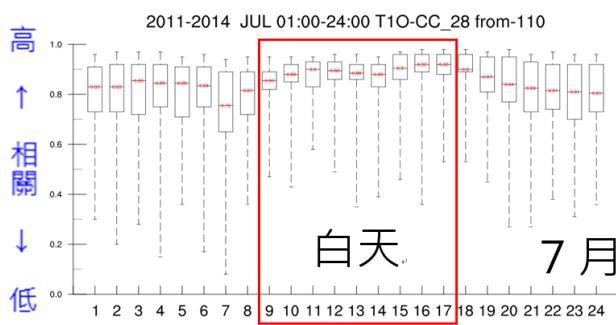


圖 7 同圖 6，但取樣時間為 7 月份。

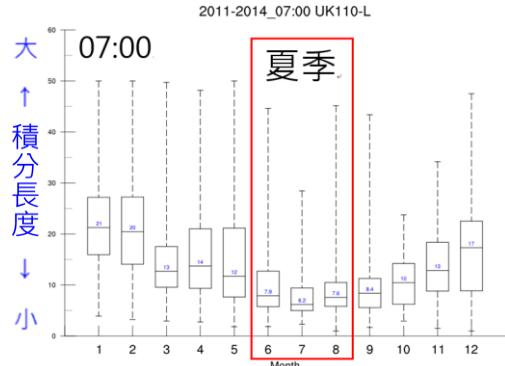


圖 8 克利金積分長度逐月變化圖，方盒圖表示所取樣共 4 年樣本所分析的積分長度分佈情形。取樣時間為 2011 年至 2014 年各月每日上午 7 時。

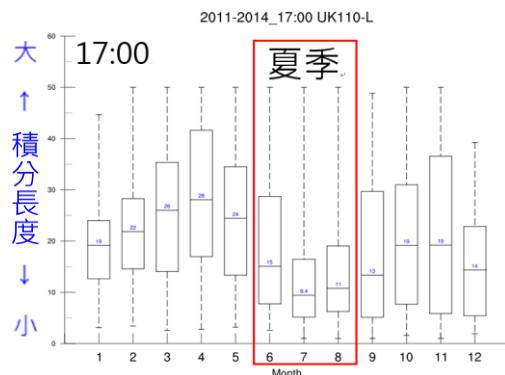


圖 9 同圖 8，但取樣時間為每日下午 17 時。

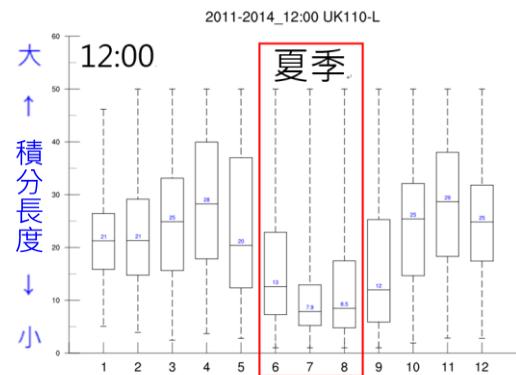


圖 10 同圖 8，但取樣時間為每日中午 12 時。

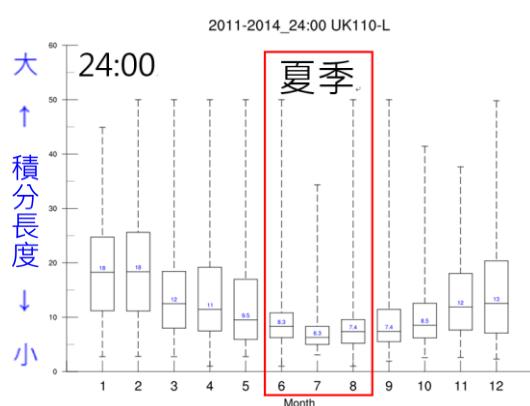


圖 11 同圖 8，但取樣時間為每日半夜 24 時。

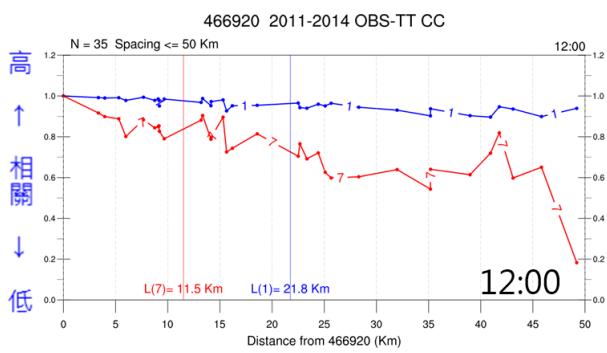


圖 12 466920 與鄰近測站 1、7 月 12 時的溫度相關

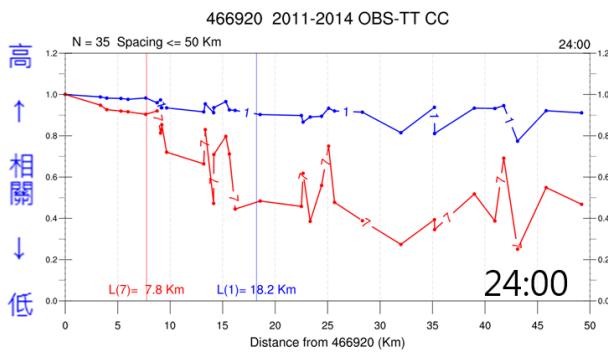


圖 13 466920 與鄰近測站 1、7 月 24 時的溫度相關

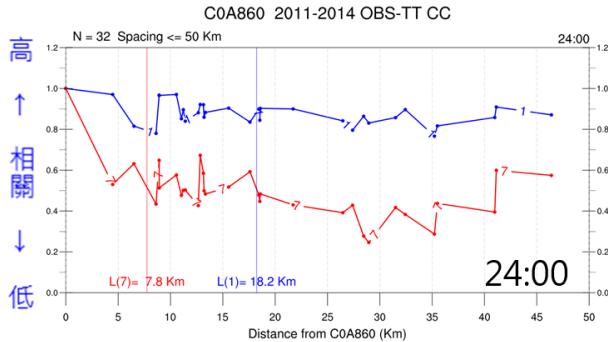


圖 14 C0A860 與鄰近測站 1、7 月 24 時的溫度相關

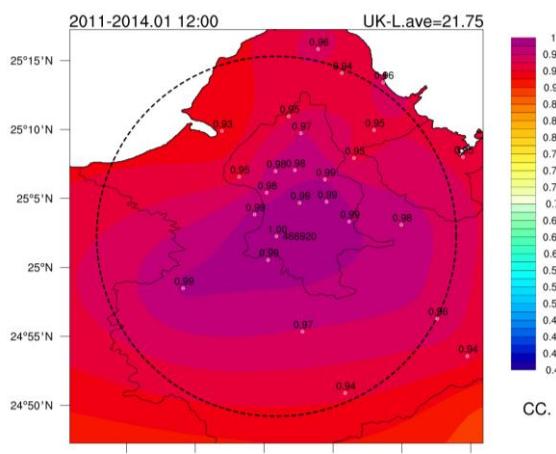


圖 15 冬季 1 月 12 時，466920 與鄰近站的關係，圓黑虛線為克利金法所估計的平均積分長度。

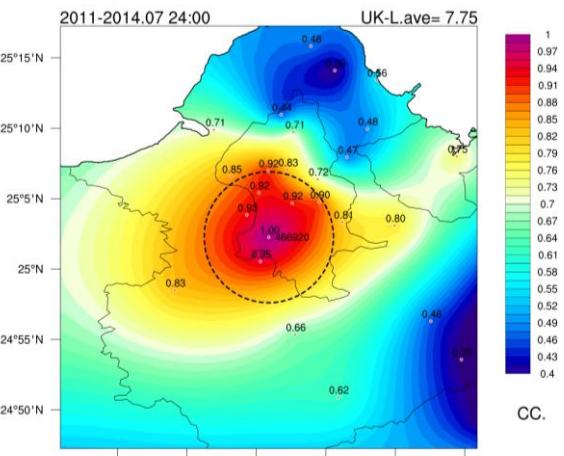


圖 16 夏季 7 月 24 時，466920 與鄰近站的關係，圓黑虛線為克利金法所估計的平均積分長度。

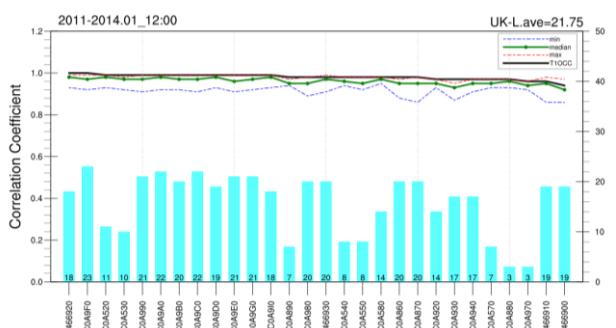


圖 17 大台北區 28 個測站的克利金成效相關值分析以及測站在積分長度距離內與其他站的相關分析(說明見內文)。取樣時間為 2011 年至 2014 年 1 月份每日中午 12 時。

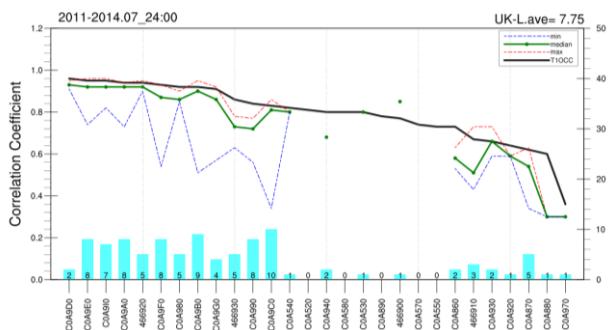


圖 18 同圖 17,但取樣時間為 7 月份每日半夜 24 時。