

近50年(1961-2010)北半球阻塞高壓氣候特徵

林正偉 盧孟明
中央氣象局—氣象科技研究中心

摘要

本文依照Barriopedro et al.(2006)提出的中高緯度阻塞高壓辨識方法稍加修改後製作了相當完整的阻塞高壓事件辨識流程，並運用NCEP Reanalysis 1 (NCEP R1)500hPa高度場完成1948年至2012年之阻塞高壓分析，建立北半球每日阻塞高壓事件資料庫，包含阻塞高壓的發生區域、延續時間、經緯度範圍、中心位置、事件強度以及特殊狀況等資訊。本文將詳細介紹阻塞高壓辨識流程與從1961至2010年間阻塞高壓特徵在時間與空間上的長期變化。

關鍵字：阻塞高壓、年代際變化。

一、前言

阻塞高壓為中高緯度地區非常特殊的暖心高壓系統，在一地持續不動的時間較一般高壓偏長，約為3~14天，在北半球常發生於大西洋、歐洲以及太平洋區域。在北半球冬季亞洲大陸區域若發生阻塞高壓往往有利於西伯利亞冷高壓的發展，同時，阻塞高壓所形成的環流可加強東亞地區的高空噴流，亦有助於加入大陸冷氣團南移，進而影響台灣地區的天氣(洪和賈，2007)。

本文依據Barriopedro et al.(2006)定義阻塞高壓的方式，建立一套客觀且詳盡的辨識阻塞高壓事件方法。並修正了部分定義阻塞高壓時所發生的問題，經由此方法可獲得阻塞高壓事件的整體時間、經緯範圍、中心位置及事件強度。同時提供吾人以客觀方式定義北半球全年的阻塞高壓事件，不受限於小區域或季節，有助於研究阻塞高壓之氣候特徵與變化情形。

二、資料與研究方法

本文依照Barriopedro et al.(2006)定義阻塞高壓的內容，使用National Centers for Environmental Prediction Reanalysis 1(NCEP-R1)中500 hPa高度場變數，分析在1948-2012年間的北半球阻塞高壓事件。圖1為修改自Barriopedro et al.(2006)之北半球阻塞高壓判斷法示意圖(圖1)。本研究依照圖1的步驟，逐步分析近65年的阻塞高壓，依序為(一)計算阻塞高壓指數、(二)定義逐日阻塞高壓範圍、(三)定義阻塞高壓中心、(四)合併逐日鄰近阻塞高壓、(五)計算逐

日阻塞高壓強度、(六)統計、合併、與分析阻塞高壓事件。經由上述分析過程，可以完整定義65年來所有阻塞高壓事件之持續日數、逐日經緯度範圍、逐日中心位置、阻塞高壓事件強度。圖1中的Zonal Index部份詳細計算方法如下：

$$\phi_N = 77.5^\circ N + \Delta$$

$$\phi_0 = 60.0^\circ N + \Delta$$

$$\phi_S = 40.0^\circ N + \Delta$$

$$\Delta = -5.0^\circ, -2.5^\circ, 0.0^\circ, 2.5^\circ, 5.0^\circ$$

$$Z(\lambda, \phi_0) - \overline{Z(\lambda, \phi_0)} > 0 \quad (1)$$

$$GHGN = \frac{Z(\lambda, \phi_N) - Z(\lambda, \phi_0)}{\phi_N - \phi_0} \quad (2)$$

$$GHGS = \frac{Z(\lambda, \phi_0) - Z(\lambda, \phi_S)}{\phi_0 - \phi_S} \quad (3)$$

$$GHGN > -10 \text{ gpm}/^\circ \text{lat} \quad (4)$$

$$GHGS > 0 \quad (5)$$

(一)、計算阻塞高壓指數

利用 NCEP-R1 500hPa高度場資料建立1948-2012年Daily Climatology並移除閏年之2/29日資料，將每日高度場做Daily anomaly，如式(1)所示，每日資料滿足式(1)條件以後，接著計算阻塞高壓指數，分別計算中心北面的GHGN(式2)以及南面GHGS(式3)，計算方式以中心緯度60°為基準正負5°間，間隔每2.5°做一次計算，其中 $Z(\lambda, \phi)$ 表示在經度 λ 、緯度 ϕ 之500hPa重力位高度，並計算GHGN與GHGS是否分別通過式(4)以及式(5)的條件，若在經度 λ 的5個 Δ 中，有一個或以上的 Δ 通過式(1)、(4)、(5)的條件，則稱該時間在經度 λ 的位置有高壓阻塞產生。

(二)、定義逐日阻塞高壓範圍

在計算阻塞高壓指數後，阻塞高壓的經度範圍定義為，在經度上連續5個或是5個以上通過步驟(一)的條件所定義的阻塞高壓網格點，定義為阻塞高壓的經度範圍，其中允許在連續5個網格點中，包含1個未通過定義的網格點，但未通過定義的網格點不可存在於定義範圍的邊界上，藉此獲得每日阻塞高壓範圍。

在步驟(二)中，去除了過於零散的網格阻塞高壓事件，同時合併了單一網格阻塞高壓事件，有效的定義單日阻塞高壓之範圍。

(三)、定義阻塞高壓中心

Barriopedro et al.(2006)定義阻塞高壓中心為在同一事件中，取其每個阻塞高壓範圍中的經向與緯向平均最大值。每個經度網格點選出最北側的 ϕ_S 以及在最南側的 ϕ_N ，藉此方式縮減緯度區域，使其緯度中心定義更為精確；在經度上，則在兩側邊界各擴展 5° 範圍，用以增強傾斜中心之判斷。同時利用經度與緯度分別修正的過程，更加精確的判斷阻塞高壓中心位置。

吾人在判讀阻塞高壓中心的過程中，發現往往無法正確定出阻塞高壓的中心位置，頻頻出現偏離(圖2)，因此對阻塞高壓中心判斷法做出修正。吾人發現，在阻塞高壓經度邊界左右擴展 5° 的過程中，確實能有效的解決傾斜型態之阻塞高壓所帶來的問題，故吾人保留此做法；在緯度的部分，吾人發現，阻塞高壓中心判讀失準的主因在於南方有低壓環流時(如：阿留申低壓)，會使阻塞高壓中心在做每個經度的緯向平均時，受到南方低壓的影響進而失準，或是在傾斜型態的阻塞高壓南側，會發生500hPa高度場梯度過大，使中心判斷失準。綜合考慮類似案例，發現雖然在步驟(一)南方低壓(GHGS)為定義阻塞高壓的必要條件，但在判斷阻塞高壓中心位置時，卻是使阻塞高壓中心失準的關鍵，故吾人將南方邊界統一修正為 ϕ_0 最南側，也就是 55° 為阻塞高壓南方邊界。在定義上，不使用如北側 ϕ_N 的浮動邊界，主因為原作者在定義 ϕ_0 時，就討論過此處為阻塞高壓之中心地帶，若將中心定義如 ϕ_N 浮動的話，會對於中心定義造成另一種型態的失準，而非我們修正的本意。修正結果確實能夠有效改善阻塞高壓的中心定位，將阻塞高壓中心判斷在合理的正確位置。

(四)、合併逐日鄰近阻塞高壓

Barriopedro et al.(2006)提出若兩個相鄰的阻塞高壓經度邊界間距 $\leq 22.5^\circ$ ，且兩高壓中心距離 $\leq 45^\circ$ 時，相鄰的阻塞高壓可視為同一個阻塞高壓，並將其經度範圍合併，以合併前氣壓值較高者為新的阻塞高壓中心。此合併步驟可隨時間往後進行到相鄰高壓皆不符合上述條件為止。

原作者的用意在討論 Ω 型態的阻塞高壓合併問題，若 Ω 的大小越是接近倒U型，則高壓中心越不能滿足GHGS的條件，進而判斷為兩個不同的阻塞高壓。

吾人在部分個案分析中，發現Barriopedro et al.(2006)提出的合併方法並沒有完全解決這個問題。延續原作者的想法，若阻塞高壓呈現 Ω 形狀，則會使 Ω 形狀兩側之阻塞高壓發生右側高壓中心向左傾斜，而左側高壓中心向右傾斜的狀況，而我們在步驟(三)所做的中心修正剛好可以解決這個問題。修正後的中心判斷法更能清楚判斷阻塞高壓中心位置，大幅降低偏移的問題，所以吾人認為在中心定義上更加可以採用原作者所提出的兩阻塞高壓中心相鄰 $\leq 45^\circ$ 的部分；在邊界上，為了定義完整的傾斜型態阻塞高壓，將阻塞高壓範圍左右擴展 5° 尋找正確阻塞高壓中心的部分，故吾人將兩阻塞高壓相鄰邊界修正為 $\leq 35^\circ$ ，發現藉此可定出較完整的阻塞高壓範圍，改善步驟(六)的阻塞高壓事件統計結果。

(五)、計算逐日阻塞高壓強度

$$RC = \left[\frac{Z(\lambda_u, \phi) + Z(\lambda_d, \phi)}{2} \right] \quad (6)$$

$$BI = 100.0 \left[\frac{Z(\lambda, \phi)}{RC} - 1.0 \right] \quad (7)$$

阻塞高壓強度(Blocking Intensity ,BI)可用公式6與7來表示。公式(6)中，RC定義為判斷中心強度之參考高度分別代表阻塞高壓中心東西 10° 的經度， ϕ 表示為阻塞高壓中心緯度， $Z(\lambda_u, \phi)$ 代表與阻塞高壓中心相同緯度之上游地區重力位高度， $Z(\lambda_d, \phi)$ 表示下游地區；公式(7)中， $Z(\lambda, \phi)$ 代表阻塞高壓中心高度。

(六)、統計、合併、與分析阻塞高壓事件

Barriopedro et al.(2006)中指出，一個阻塞高壓事件約為3~30天；但過去統計阻塞高壓的作者指出，阻塞高壓事件持續日續約落在5~10天。吾人延續

Barriopedro et al.(2006)的想法統計5天以上的事件來探討與分析近65年來的阻塞高壓。

阻塞高壓再通過上述五個步驟後，以第一天產生阻塞高壓的範圍與日期，做為事件的第一天，並以第一天的阻塞高壓經度範圍為基準，次日在此基準範圍中，必須至少有一個網格點發生阻塞高壓，才能將次日列為阻塞高壓事件的第二天，此後再經由第二天的範圍向下一天尋找。在事件的延續日數達到五天或是五天以上之後，才視為一個阻塞高壓事件；阻塞高壓事件中，允許連續日其中有一天不符合上述條件。通過以上條件後，將其視為一個阻塞高壓事件，而不滿五日的阻塞高壓事件則不納入討論。

Barriopedro et al.(2006)中有提到一個特別的條件，若次日的經度範圍與第一天之間沒有交集，但如果與第一天之阻塞高壓邊界距離 $\leq 22.5^\circ$ ，且阻塞高壓中心相鄰 $\leq 20^\circ$ ，則可以視為同一事件。但吾人認為，在阻塞高壓事件的討論上，必須注重阻塞高壓事件的延續性，而阻塞高壓的合併過程在步驟(二)與四之間已經被討論過，若此時加入隔日邊界 $\leq 22.5^\circ$ 的條件，吾人認為條件範圍過大，造成合併其他事件的情形產生，故吾人在討論阻塞高壓事件邊界距離上，只討論與步驟(三)相同之邊界合併過程，也就是次日阻塞高壓邊界距離 $\leq 5^\circ$ ，才會在本研究中納入同一事件討論。

三、結果與討論

(一)、阻塞高壓指數討論

圖4為經過步驟(一)定義之2009年10月至2010年9月之北半球阻塞高壓發生區域Hovmöller圖，圖中色塊部分表示為該經度在當日通過步驟(一)之格點數。吾人將討論其中兩個在2009年12月底至2010年1月間，分別在太平洋以及大西洋的阻塞高壓事件。圖5為太平洋上的阻塞高壓事件，可以由圖上看到，阻塞高壓有阿拉斯加附近開始生成，逐漸往白令海與亞洲大陸發展，同時在五日後，又有一個新的阻塞高壓在阿拉斯加附近形成。由此可見這個阻塞高壓指數確實可以定出阻塞高壓及其後續阻塞高壓事件的延續。

(二)、合併相鄰阻塞高壓範圍討論

圖6為步驟(二)合併後的結果，黑色BD表示為當日阻塞高壓之左右邊界，藍色表示為當日阻塞高

壓中心，灰色為原始阻塞高壓範圍，黃色則是經過步驟(二)計算所合併的阻塞高壓區域。

由圖6中可以清楚的看到，有哪些事件被合併，以及合併時討論阻塞高壓邊界與中心的條件缺一不可，若只討論邊界條件而不考慮阻塞高壓中心，會使不同的阻塞高壓事件被合併。

各經度範圍發生阻塞狀況的65年統計結果如圖7，紅色與灰色長條的總和表示經由步驟(二)計算後各個經度網格的阻塞情形；紅色則只統計經過步驟(六)挑選後之各經度網格阻塞情形。從圖上我們可以清楚的了解到，阻塞發生頻率最高的位置為大西洋及歐洲區域 $60^\circ\text{W}-0^\circ-60^\circ\text{E}$ ，其次為太平洋區域 $120^\circ\text{E}-180^\circ-120^\circ\text{W}$ 。圖7所統計的結果與Barriopedro et al.(2006)結果一致。

(三)、修正阻塞高壓中心定義

圖2為一個阻塞高壓傾斜案例，紅框範圍為原作者Barriopedro et al.(2006)所提出的定義中心範圍，而若是使用紅框範圍訂出來的中心位置會在紅色X的位置上，主因來自於南方低壓的影響，造成部分經度方向上的梯度過大，進而使得中心位置失針到未受南方低壓影響的區域。吾人所提出來的中心定義為綠框部分，考慮整個阻塞高壓中心的核心地帶也就是原作者的 ϕ_0 位置 $55^\circ\text{N}-65^\circ\text{N}$ ，而同時把容易產生低壓的區域 $35^\circ\text{N}-55^\circ\text{N}$ 完全隔離開，同時我們並沒有改變步驟(一)中的GHGS的計算式，故阻塞高壓指數依舊是一個在經度上很好的阻塞判斷方式。在阻塞高壓中心的定義上做這樣的修正，只為了更為正確的定義阻塞高壓中心的位置。

(四)、阻塞高壓強度討論

圖8為圖6的類似圖，主要把中心位置改變為顯示阻塞高壓強度，強度每0.25為一個單位。從圖中可以看到影響時間較長的阻塞高壓，強度都落在0.75~1以上，而影響時間較短的阻塞高壓，強度都約落在0~0.5之間。而整體平均而言，強度平均則會落在0.6~0.7之間。

過去用此方法計算阻塞高壓強度的作者並未討論，這樣的計算高壓方式，會計算出阻塞高壓強度為負值的現象，主要是由阻塞高壓中心定義失誤所產生。這樣的阻塞高壓強度定義方式，受到阻塞高壓中心的影響是非常大的，因為主要是與阻塞高壓中心及其兩側的高度值相比，進而得到阻塞高壓中心強度。本文修正中心判定方法後雖然對高壓強度計算有所改善，但無法完全避免負值出現。

(五)、統計、合併、與分析阻塞高壓事件

1948-2012年的65年的資料共判斷出1336個阻塞高壓事件，由於早期資料也許因觀測資料偏少品質不如後期，接續分析將僅討論近50年(1961-2010)年的阻塞高壓變化。

圖9為阻塞高壓事件在不同區域的發生次數逐年變化，大西洋區域(90°W-0°E)事件數近50年呈現明顯的減少趨勢，約50年少了一個事件；在歐洲地區(0°E-90°E)則少了兩個以上的阻塞高壓事件。倘若一個阻塞高壓事件的長度約為5~10天，那麼減少的阻塞日數將是兩周到一個月之多，可能的影響不容忽視。

在圖10中我們以10年為一個年代來討論阻塞高壓強度之年際變化的問題，這部份的研究統計了每個10年間逐日的阻塞高壓強度，但由於絕大部分出現負值的原因為中心定義失準的問題，故在此不討論強度為負值的部分。研究顯示除了東太平洋(綠線)沒有特別的趨勢以外，發現在近十年(2001-2010)年間，阻塞高壓強度在西太平洋(紅線)與大西洋(紫線)都是歷史高點，歐洲地區(藍線)的高點則出現在八0年代並維持到九0年代，近十年雖然不如前二十年那麼強，但與八0年代以前相比明顯偏強。

如果討論在步驟(六)統計的阻塞高壓事件，其事件中所發生的最強阻塞高壓變化(圖11)，只有大西洋呈現阻塞高壓強度變強的特徵，其他三個區域則呈現略微下降的趨勢。

四、結論

本文詳細說明了依據Barriopedro et al.(2006)加以改進建立的阻塞高壓事件辨識分析流程，並藉以建立1948-2012年間北半球阻塞高壓事件資料庫。未來會繼續利用這個資料庫研究近50年來的阻塞高壓變化特徵和可能的發生原因與影響，同時完成作業性阻塞高壓即時監測分析系統，另將與動力預報模式結合開發阻塞高壓預報產品，改進台灣冬季氣溫變化預測方法。

參考文獻

Barriopedro, D., R.G. Herrera, A.R. Lupo, and E. Hernández, 2006: "A climatology of Northern Hemisphere blocking", J. Clim., 19, 1042-1063.

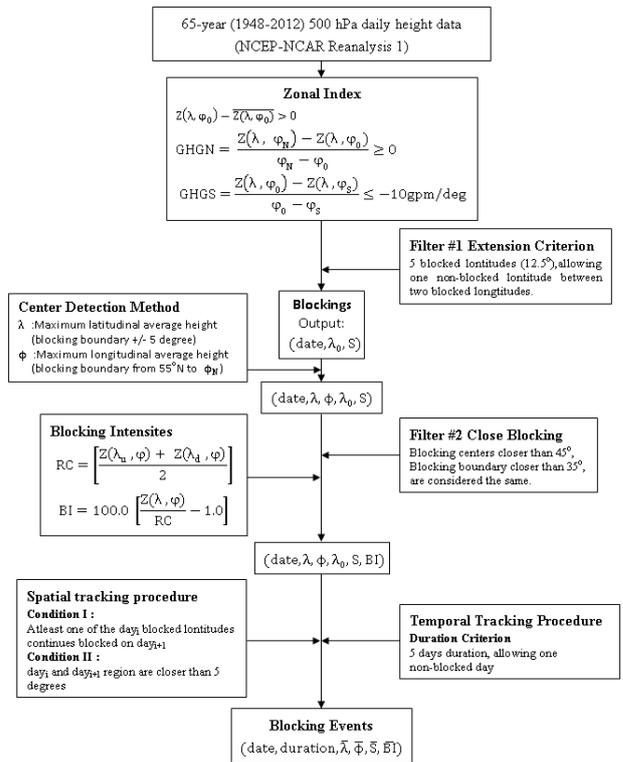


圖1、辨別阻塞高壓事件流程圖。

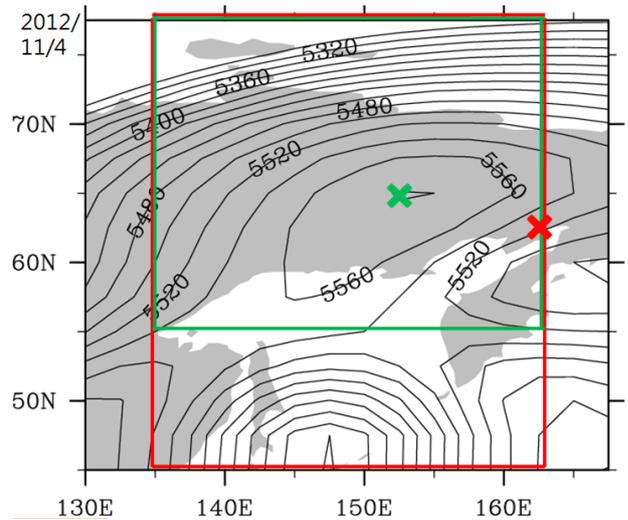


圖2、中心判別修正示意圖。紅色外框表示為原始定義之阻塞高壓中心判別範圍，紅色X為其辨識後之中心位置；綠色外框為新定義之阻塞高壓中心判別範圍，綠色X為其辨識後之中心位置。

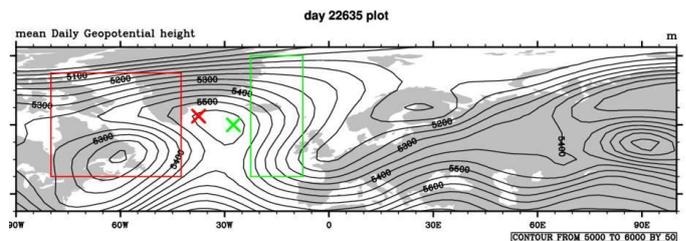


圖3、Ω形狀之阻塞高壓示意圖。Ω形狀之阻塞高壓會被分別判斷成橫色與綠色阻塞高壓事件。

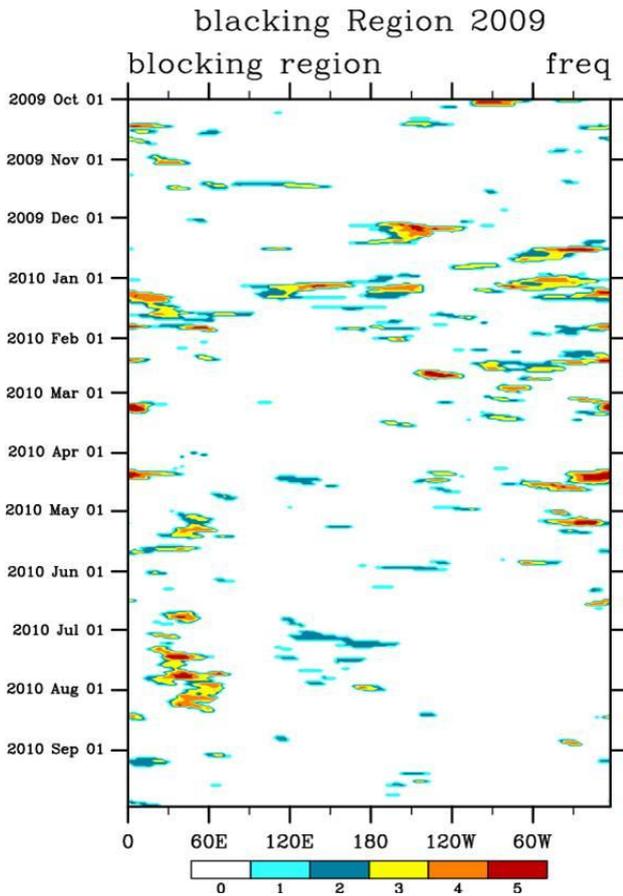


圖4、各經度範圍通過阻塞高壓指數判斷式之Hovmöller示意圖。

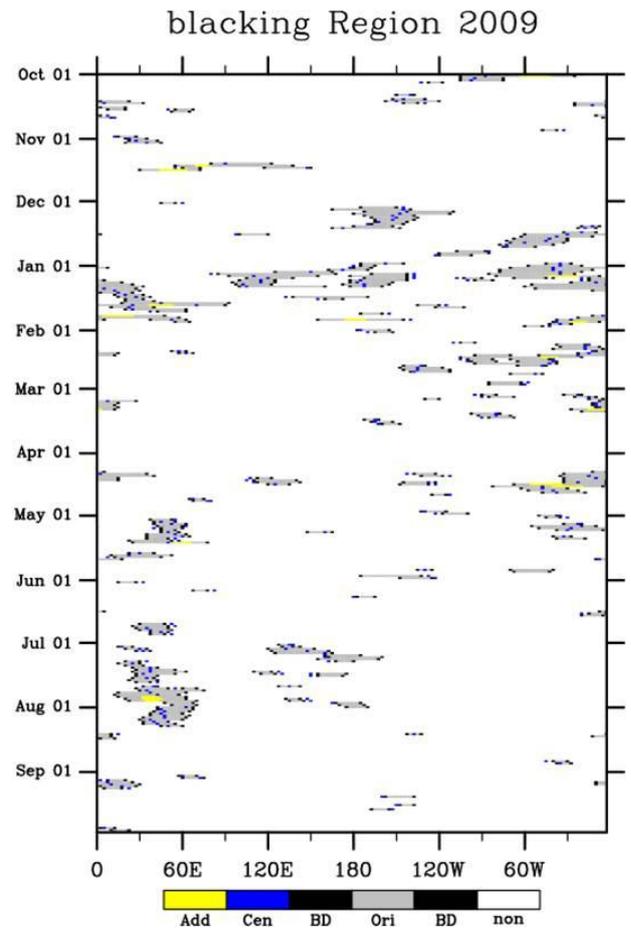


圖6、逐日阻塞高壓範圍Hovmöller合併示意圖。黑色為邊界、灰色為範圍、藍色為中心、黃色為經由步驟(四)合併之區域。

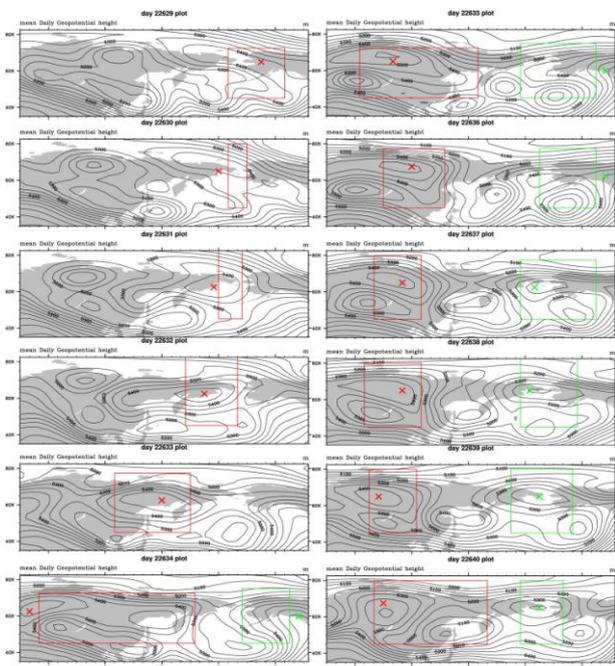


圖5、2009年12月底至2010年1月間阻塞高壓連件示意圖。色框分別代表阻塞高壓邊界，X表示為該色框之中心位置。

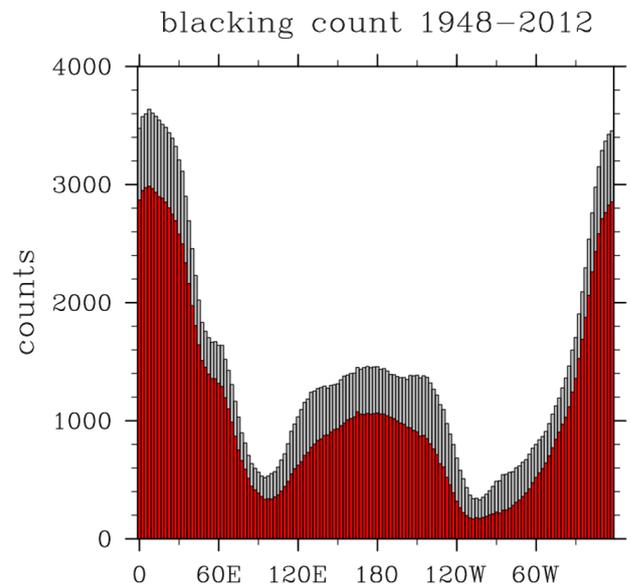


圖7、各經度在1948-2012年間阻塞次數示意圖，灰色+紅色為經由步驟(一)所判定之阻塞，紅色則為經由步驟(六)後，被統計之事件示意圖。

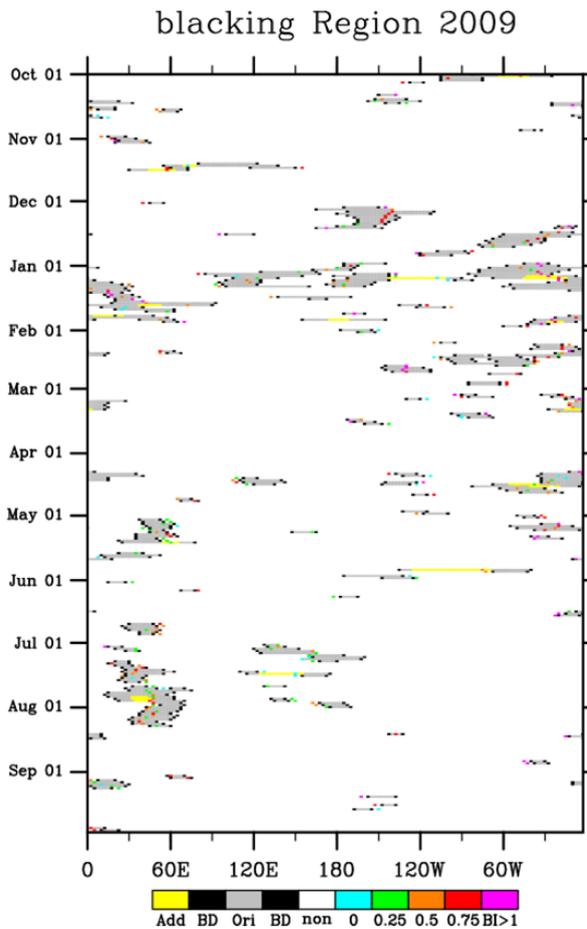


圖8、阻塞高壓範圍與強度示意圖，標示方式與圖6相同，阻塞高壓中心部位改為標示強度，強度0~0.25 藍色、0.25~0.5 綠色、0.5~0.75 橙色、0.75~1.0紅色、強度1以上為紫色。

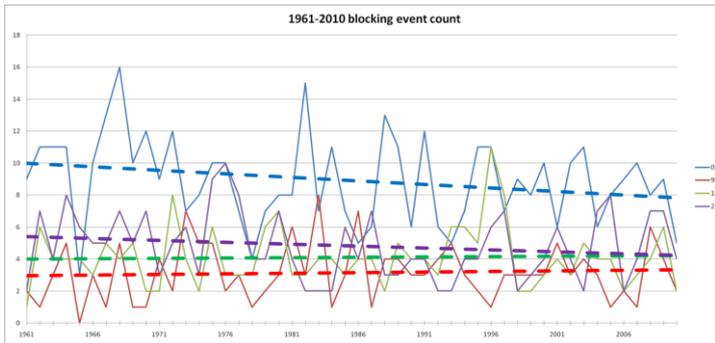


圖9、阻塞高壓事件在各區域之年際變化圖。藍色為0°E~90°E、紅色為90°E~180、綠色為180~90°W、紫色為90°W~0°E

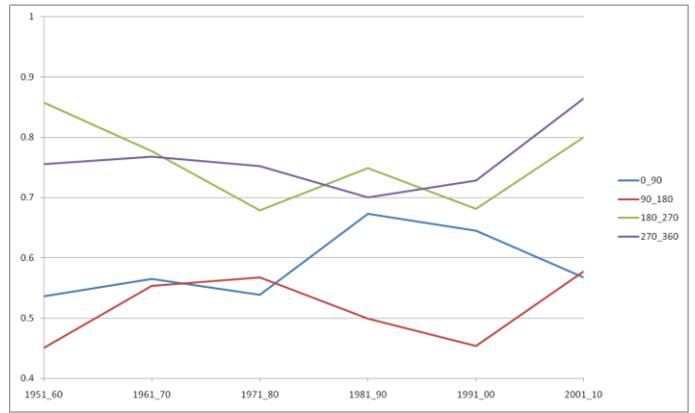


圖10、阻塞高壓強度在各區域年際變化示意圖。藍色為0°E~90°E、紅色為90°E~180、綠色為180~90°W、紫色為90°W~0°E

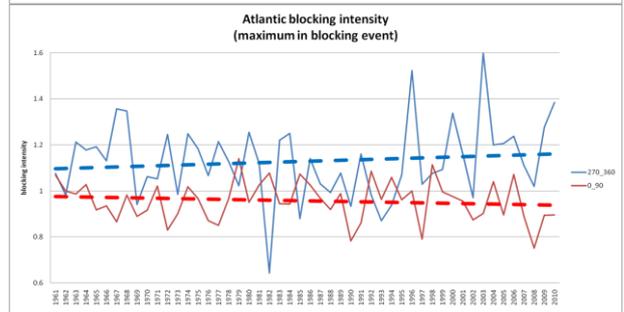
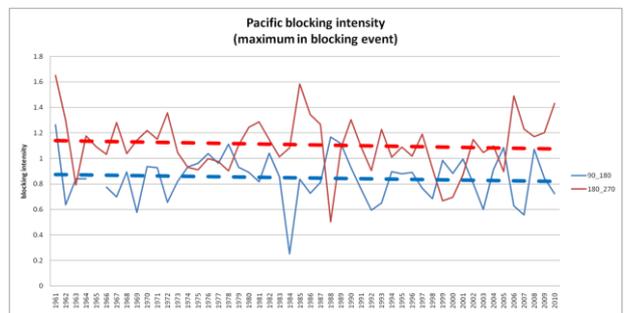


圖11、阻塞高壓事件最強BI年際平均變化示意圖。