

應用中央氣象局模式資料監測預報北半球夏季季內震盪

李思瑩 張庭槐

中央氣象局氣象科技研究中心

摘要

季內至季節預報 (Subseasonal to Seasonal Prediction, 簡稱 S2S Prediction) 是現今預報技術發展的主要領域之一, 對於熱帶季內震盪 (Intraseasonal oscillation; ISO) 現象的了解與掌握是提升 S2S 預報技術的關鍵。中央氣象局自 2015 年 5 月開始提供全球數值天氣預報系統產出的展期預報產品參與北半球夏季季內震盪預報計畫 (BSISO Forecast Project), 此計畫是由世界氣象組織大氣科學委員會的世界氣候研究計畫數值實驗組 (WMO/CAS/WCRP/WGNE) 之下的 Madden-Julian Oscillation 工作小組 (MJO Task Force) 以及亞太經濟合作會議氣候中心 (APEC Climate Center, APCC) 於 2013 年共同提出, APCC 為主要執行單位, 負責收集與比較各國動力模式預報產品, 製作多模式系集預報系統的 BSISO 預報結果。BSISO 是東亞與西北太平洋夏季季風系統在季內尺度的重要變化模態, 對於影響臺灣的易致災天氣如颱風、極端高溫等有相當的影響, 因此, 除參與計畫外, 同時對 BSISO 進行即時監測作為預報參考, 本文以 2018 年夏季為例, 介紹即時監測熱帶對流、風場的季內尺度變化、BSISO 相位變化的預報系統。

一、前言

季內至季節預報 (Subseasonal to Seasonal Prediction, 簡稱 S2S Prediction) 是現今預報技術發展的主要領域之一, 對於熱帶季內震盪 (Intraseasonal oscillation; ISO) 現象的了解與掌握是提升 S2S 預報技術的關鍵。

許多研究 (Madden1986, Wang and Rui1990; Salby and Hendon1994; Zhang and Dong2004; CLIVAR Madden-Julian Oscillation (MJO) working group2009; Kikuchi et al.2012) 指出熱帶季內震盪有顯著的季節變化, 也就是在不同的季節有不同的特性, Wang and Rui (1990) 從 1975-1985 年間 (沒有 1978 年) 10 年 5 天平均的長波外逸輻射資料 (OLR) 中判定出 122 個季內震盪事件, 並將其分類為 3 種類型: 向東傳 (77 個事件)、獨立北傳 (27 個事件)、向西傳 (18 個事件), 其中東傳的季內震盪在北半球冬季較夏季為活躍, 獨立北傳的季內震盪則主要發生在北半球, 時間為 5-10 月期間。

Kikuchi et al. (2011) 將熱帶季內震盪依季節分為兩個模態, 一為冬季的 MJO (Madden-Julian

Oscillation) 模態, 一為夏季的 BSISO (Boreal Summer Intra-seasonal Oscillation) 模態, 指出這是兩種不同的變化。BSISO 主要活躍在夏季, 特徵是在印度洋-西北太平洋區域有向北傳遞的波動並具有 10-90 天的週期變化, 為東亞與西北太平洋夏季季風系統在季內尺度的熱帶對流重要變化模態, 可影響臺灣的颱風、豪大雨、高溫等易致災天氣的發生時機, 因此對於 BSISO 的變化需要即時監測以及預報的資訊提供參考。

中央氣象局於 2015 年開始提供全球數值天氣預報系統產出的展期預報產品參與亞太經濟合作會議氣候中心 (APEC Climate Center; APCC) 所主持的北半球夏季季內震盪預報計畫 (BSISO Forecast Project), 同時也開始建立監測預報 BSISO 相關項目的系統。

二、資料與方法

1、資料

計算 BSISO 的觀測資料是使用美國大氣與海洋總署 (NOAA) 逐日的外逸長波輻射 (outgoing

long-wave radiation；OLR) 以及 NCEP/DOE 逐日的 850hPa 緯向風 (U850)，時間為 1981-2010 年全年，水平解析度為 2.5 度。模式預報資料是使用 2016 年氣象局發展的全球模式系集預報系統 (Global Ensemble Prediction System；GEPS)，解析度為 T319L60，即水平解析度約 41km，垂直層 60 層。GEPS 45 天系集預測系統以氣象局全球模式 GFS 為主體，加入不同的初始奇異向量 (singular vectors) 擾動，為單一模式的系集系統，有 control run 以及 20 個系集，有別於作業上常用多模式系集系統。計算 BSISO 指標需要使用模式分析場 (analysis) 以及預報場，使用的變數為 OLR 以及 U850，分析場的時間長度為 120 天，預報場是每天初始時間為 00Z 的預報值，使用的預報時間長度為 40 天。BSISO 指標的觀測值取自 APCC 網頁 (<http://www.apcc21.org/ser/moni.do?lang=en>)。

2、BSISO 計算方法

本文使用的 BSISO 指標是由 Lee et al. (2013) 所定義，計算方法 (圖 1) 與 Wheeler and Hendon (2004) 發展的 RMM 指標方法相似。Lee et al. (2013) 使用 1981-2010 年的逐日 OLR 以及 U850，首先各變數減去其 30 年氣候平均值計算的前 3 個調和函數 (harmonics)，接著每天減去前 120 天的平均之後標準化，最後針對亞洲夏季季風區 40-160E、10S-40N 範圍的 OLR 以及 U850 進行多變數 EOF (Multivariate empirical orthogonal function；MV-EOF) 計算，定義 MV-EOF 的 PC1、PC2 為 BSISO1，PC3、PC4 為 BSISO2。

GEPS 模式預報的 BSISO 指標計算方法與觀測相似，在減去前 3 個調和函數的步驟部分，因 GEPS 沒有事後預報值 (hindcast) 可計算模式氣候平均值，因此分析場與預報場都直接減去觀測值所計算的前 3 個調和函數，接著預報場減去以分析場計算的前 120 天平均後標準化，最後將處理後的預報值投影到觀測場的 MV-EOF 模態得到 BSISO1 以及 BSISO2 指標。

三、參與 APCC BSISO 預報計畫

過去在季內尺度變化方面的監測、分析都是以 MJO 為主，但過去的研究也都指出 MJO 主要的活躍季節是冬季。臺灣位於東亞-西北太平洋季風區，受到各種不同尺度變化的影響，尤其是夏季期間，季風、颱風、副熱帶太平洋高壓...等使得預報的難度大為提升，因此也需要在夏季變化更為顯著的季內尺度變量 (BSISO) 來提供預報參考。

2013 年亞太經濟合作會議氣候中心 (APEC Climate Center；APCC) 開始主持北半球夏季季內震盪預報計畫 (BSISO Forecast Project)，運用世界氣象組織大氣科學委員會的世界氣候研究計畫數值實驗組 (WMO/CAS/WCRP/WGNE) 之下的 Madden-Julian Oscillation 工作小組 (MJO Task Force) 的推動力量，加強研究 BSISO 的現象和影響以及預報的改進。中央氣象局科技中心也自 2015 年 4 月開始加入 APCC BSISO 預報實驗，每 5 天提交我們所發展的 GFS 模式 6 組預報資料加入 BSISO 多組模式系集 (Multi-Model Ensemble；MME) 預報系統，2018 年改為提交發展完成的 GEPS 模式系集平均預報資料至今。在 APCC 網頁中的 BSISO Forecast 可以看見 4 個氣象單位 (NCEP、EC、CWB、BOM) 提供的 5 組模式 (CFS、GFS、ECM、CWB、BOM) BSISO 預報結果。

四、BSISO 監測預報

選取初始時間 2018/9/18 的例子來簡介目前的 BSISO 監測與預報項目，圖 2-圖 5 為現有的北半球夏季季內震盪 (BSISO) 監測預報項目，預報時間為 2018/9/20~10/9，因為 BSISO1 以及 BSISO2 分別代表 30-60 天的變化以及 20-30 天的變化，因此兩個指標皆須監測。圖 2 為觀測值所計算之 BSISO1、BSISO2 指標相位圖 (phase diagram)，圖 2a 為 BSISO1、圖 2b 為 BSISO2，此為 APCC 網站 BSISO Forecast 項目下載 BSISO 指標觀測值後繪製。圖中圓圈以內的值代表 BSISO 指標振幅小於 1，BSISO 不活躍，振幅大於 1 表示 BSISO 活躍。圖 3 為 GEPS

預報 40 天的 BSISO1、BSISO2 指標，圖 3a 為 BSISO1、圖 3b 為 BSISO2，圖中細實線為 20 個系集的預報值，紅線為系集平均值。圖 4 為 2018/9/18 過去 20 天的觀測 OLR 距平（顏色）以及觀測值計算的 BSISO 指標重建模態（reconstructed mode；線條），OLR 距平為減去 30 年氣候平均值計算的前 3 個調和函數後的距平值，代表除去大於 100 天的低頻變化，BSISO 指標重建模態則是將分別代表 BSISO1、BSISO2 的 4 個 PC（BSISO1 為 PC1、PC2，BSISO2 為 PC3、PC4）分別乘上對應的空間模態重組出 BSISO1 以及 BSISO2 所貢獻的空間變化。圖 5 與圖 4 相同，但為 GEPS 預報場結果。圖中的顏色為 GEPS 預報 20 天的 OLR 距平，是用預報場結果減去觀測場計算的前 3 個調和函數而得，線條為預報值所計算的 BSISO 指標重建模態，即為用預報 BSISO 指標乘上觀測場的空間模態重組而成。

BSISO 相位圖是將空間的變化量化成相位的表示方式，圖 2 的觀測值相位圖是代表過去的 BSISO1、BSISO2 的變化以及強度，可從圖中明白 BSISO1、BSISO2 在這段時間是否活躍，根據指標所計算的圖 4 則顯示空間上對流的變化，可以知道 BSISO1、BSISO2 變量的貢獻為何。圖 3 的 BSISO 預報相位圖則指出未來的 20 天季內尺度變量的變化趨勢，圖 5 顯示出其空間型態，BSISO1、BSISO2 相位變化的趨勢、強弱以及空間上對流的變化都可以為未來預報提供參考的資訊。

五、未來工作

目前此監測預報項目在每年夏季期間（5-10 月）逐日會產出 GEPS 的 BSISO 預報結果，包含 20 個系集以及系集平均結果。未來會持續增加 BSISO 相關監測預報項目，並新增中央氣象局所發展的氣候動力模式以及海氣耦合模式預報結果。

六、參考文獻

- Madden RA ,1986 : Seasonal-variations of the 40–50 day oscillation in the tropics. *J Atmos Sci* **43**:3138–3158.
- Wang B, Rui H ,1990 : Synoptic climatology of transient tropical intraseasonal convection anomalies: 1975–1985. *Meteorol Atmos Phys* **44**:43–61.
- Salby ML, Hendon HH (1994) Intraseasonal behavior of clouds, temperature, and motion in the tropics. *J Atmos Sci* **51**:2207–2224.
- Zhang CD, Dong M ,2004 : Seasonality in the Madden-Julian oscillation. *J Clim* **17**:3169–3180.
- CLIVAR Madden-Julian Oscillation Working Group ,2009 : MJO simulation diagnostics. *J Clim* **22**:3006–3030.
- Kikuchi K, Wang B, Kajikawa Y ,2012 : Bimodal representation of the tropical Intraseasonal oscillation. *Clim Dyn* **38**:1989–2000.
- Lee, J.-Y., B. Wang, M. C. Wheeler, X. Fu, D.E. Waliser, and I.-S. Kang, 2013: Real-time multivariate indices for the boreal summer intraseasonal oscillation over the Asian summer monsoon region. *Clim. Dyn.*, **40**, 493-509.

Derive BSISO Index using observational data

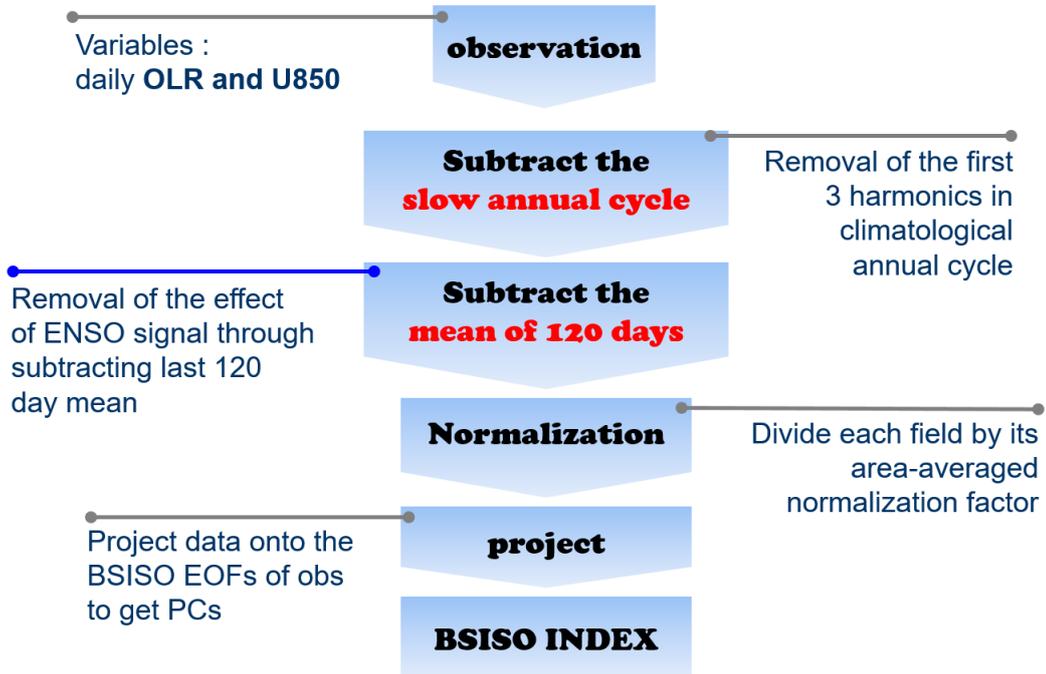


圖 1 計算觀測場 BSISO 指標的方法。

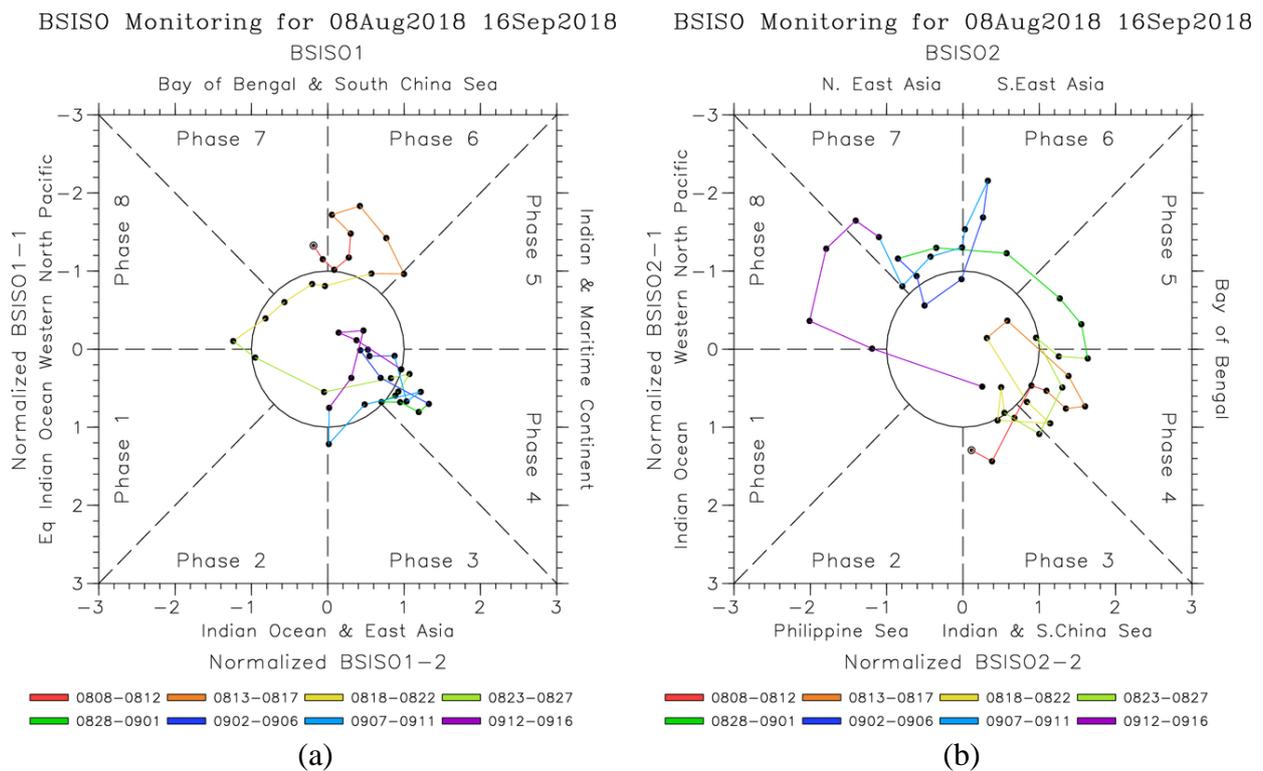


圖 2 觀測值所計算之 BSISO 指標相位圖 (phase diagram)，(a)為 BSISO1、(b)為 BSISO2，此為 APCC 網站 BSISO Forecast 項目下載 BSISO 指標觀測值後繪製。圖中圓圈以內代表 BSISO 指標振幅小於 1，BSISO 不活躍，振幅大於 1 表示 BSISO 活躍。

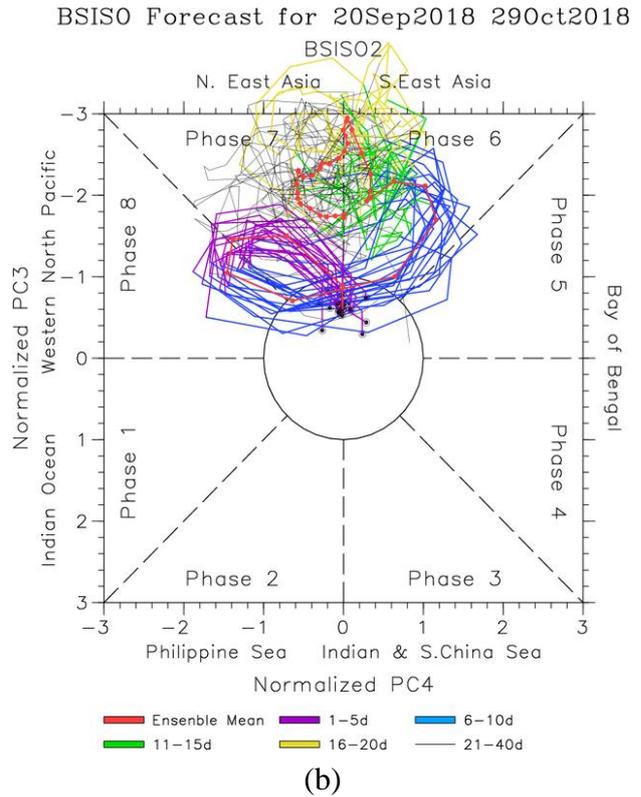
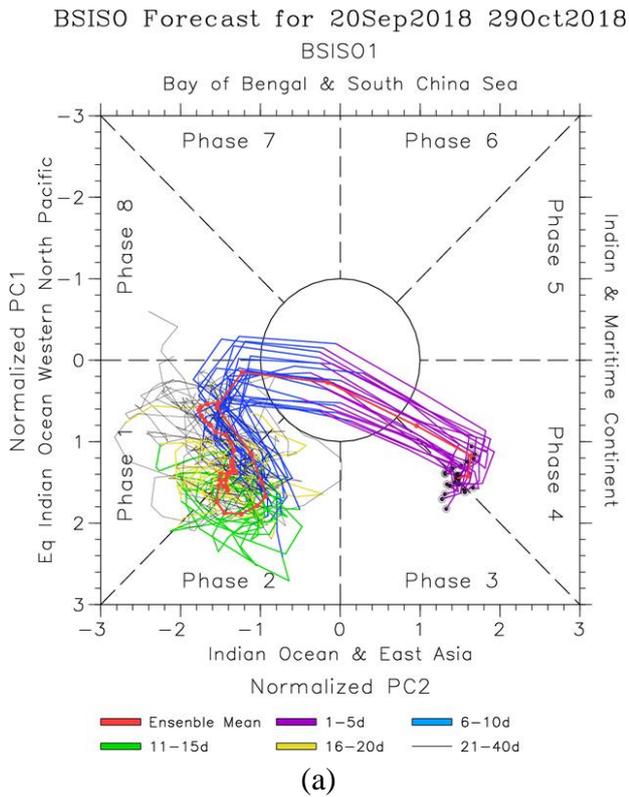


圖 3 GEPS 預報 40 天的 BSISO 指標，(a)為 BSISO1、(b)為 BSISO2，圖中細實線為 20 個系集的預報值，紅線為系集平均值。

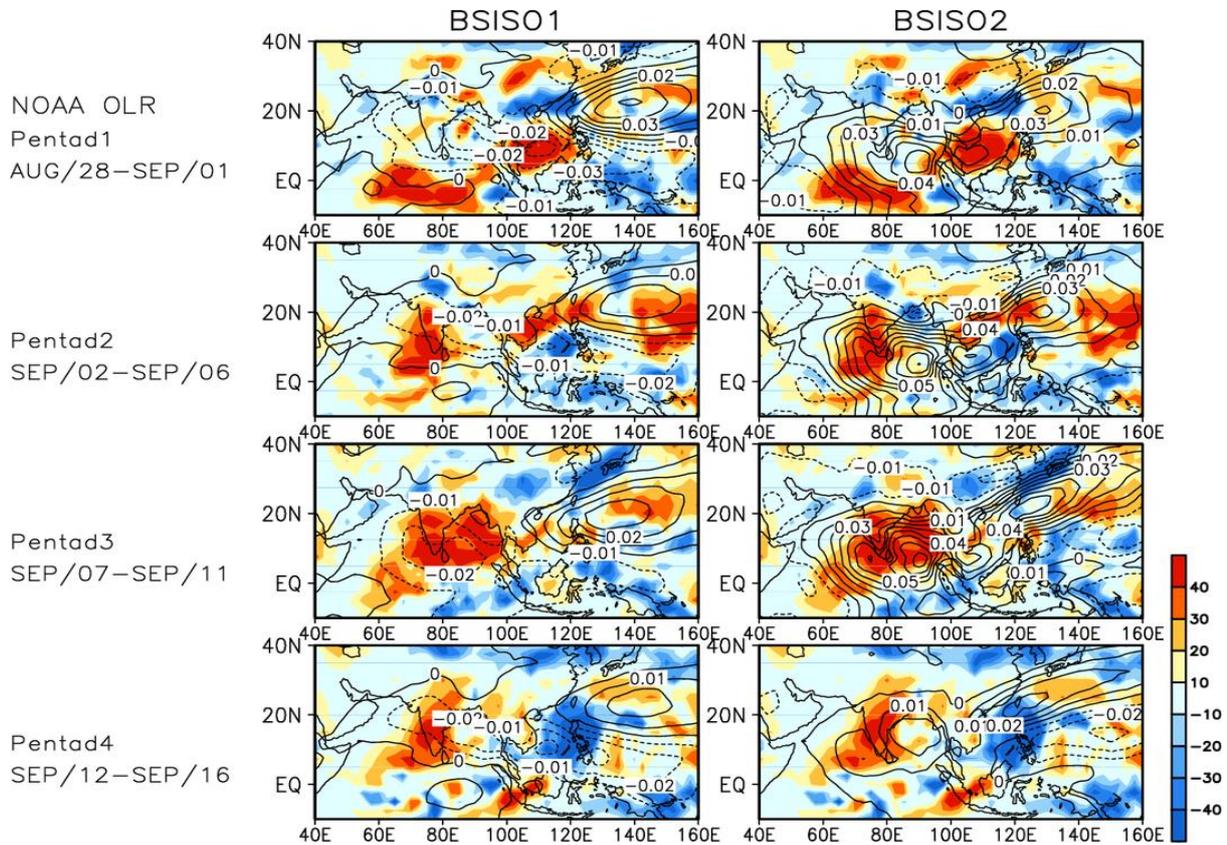


圖 4 過去 20 天的觀測 OLR 距平 (顏色) 以及觀測值計算的 BSISO 指標重建模態 (reconstructed mode: 線條)。

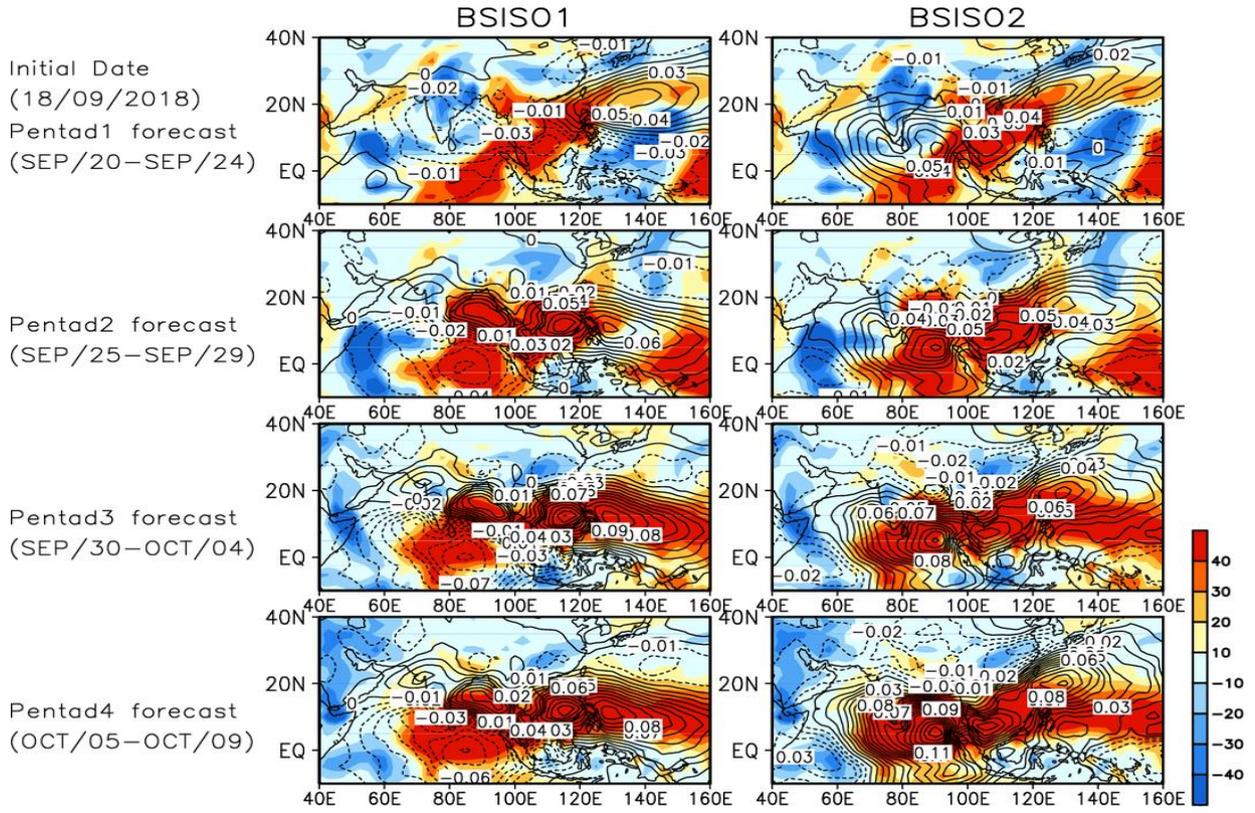


圖5 同圖4，但為 GEPS 預報結果。