

MJO即時監測分析

黃文豪 盧孟明
氣象科技研究中心
中央氣象局

摘要

Madden and Julian Oscillation(MJO)是熱帶最顯著的季內尺度大氣現象，也是長期天氣預報的重要參考指標。本文介紹由美國CLIVAR計畫Madden-Julian Oscillation Working Group (MJOWG)工作小組提供的MJO診斷分析工具，目前已引入中央氣象局氣象科技研究中心進行MJO即時監測。針對兩個MJO顯著年：2003年冬季(11-4月)、2004年夏季(5-10月)，進行MJO特徵分析，驗證了無論在空間或時間上呈現的特徵皆與典型MJO相符，表示計算結果無誤。此監測系統已自2009年起定期執行監測，每次分析時段為監測截止日前的180天。

關鍵字：MJO、季內震盪

一、前言

Madden and Julian Oscillation (MJO) 自1971、1972年被發現以來，便不斷的有學者進行相關研究，綜合研究顯示，MJO是一種熱帶對流大氣中較顯著之季內時間尺度的低頻震盪現象，具有週期約30~60天、緯向波數1~2、向東傳播之行星尺度結構。透過觀測資料發現，其伴隨著MJO東傳的深對流系統自印度洋地區生成，經海洋大陸東移至西太平洋，而後至換日線附近消散 (Madden and Julian 1971、1972; Madden 1987; Krishnamurti et al. 1992; Madden and Julian 1994; Lau and Waliser 2005)。

也因MJO的週期規律與東移特性，可為天氣或氣候預報提供了一個可以依據的參考，對於季內震盪的研究與監測也越來越重要。而美國CLIVAR中心在2006年設立了Madden-Julian Oscillation Working Group (MJOWG)工作小組，顯示出對MJO現象的重視，並開發出一套MJO診斷工具，除了用來監測MJO發展，還可以用來診斷或評量氣候模式在季內尺度的預報表現，藉由評量MJO的可預報特性與校驗模式的預報技術得分，設計並調整現有的氣候預報模式，改善現有模式的不足之處。

氣象局科技中心於2009年起，以此MJO診斷工具為基礎，建立一套MJO的監測分析系統，根據觀測資料，做定期的監測，而本文主要在介紹氣象局MJO監測系統及其監測分析工具，並針對2003年冬季(11-4月)與2004年夏季(5-10月)做實際觀測資料場的分析與診斷，包括(1) 變異量分析 (2) 時間波譜分析 (3) 延遲相關分析 (4) 頻率-波譜分析(5)相位分析等五個方式，倘若能正確的分析出MJO現象的起源與

發展，驗證了空間或時間上的特徵皆與典型MJO相符，表示此監測分析系統確實可以掌握MJO的活動發展，藉由MJO時間與空間上的規律性，對於輔助短期氣候預報有一定的幫助。

二、使用資料

本文所使用觀測資料，包含美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 的 Outgoing Longwave Radiation (OLR)、NCEP Reanalysis 2 的U200、U850等三個變數場，使用Lanczos filter，做20-100天的濾波。資料分析時間選擇兩個MJO活動較明顯的年份，分別是：

2003年冬季：2003-11-01~2004-04-30

2004年夏季：2004-05-01~2005-10-31

分別選擇冬季與夏季的原因，最主要是因為MJO在這兩個季節的傳播方式有所差異，目的在於測試本MJO監測分析系統模組是否能夠分析出歷史觀測資料中MJO的發展特徵。

而即時MJO監測系統，因資料更新時程的關係，採用NCEP Reanalysis 1的風場資料，以及NOAA 18衛星所觀測到的OLR場，可即時獲得的風場資料延遲時間約5天，OLR資料延遲2天。因此，本系統可取得約一週前的即時觀測資料進行分析，並監測最近180天MJO的發展。

三、MJO分析

(1)變異量

為了探討MJO最主要的發生區域，我們計算1981~2005年的變異量(Variance)，圖1.a為1981-2005

共25年的冬季(11-4)OLR場平均變異量,圖1.b為經過20-100天濾波之後的變異量,圖1.c則為非20-100天的變異量佔所有變異量的百分比。由圖1.a可以看到,25年最主要的變異量在赤道西太平洋及印度洋地區南北緯約20度區間,圖1.b則顯示了20-100天的變異量亦同樣集中在赤道區域,與圖1.a類似,而圖1.c中,非20-100天的變異量百分比在此區域為20-40%附近,故可知在25年冬季變異量中,20-100天季內尺度的變異量佔有相當大的比例。圖2與圖1相同,但為25年夏天(5-10)之變異量,由圖中,變異量與冬季相比,集中在西太平洋及北印度洋位置,但位置明顯較冬季偏北,主要集中在北緯0-20°N區域,而20-100天季內尺度的變異量則同樣的集中在北印度洋與西北太平洋地區,位置同樣偏北,非季內尺度所佔的比例相對的較低。因此由OLR變異量的分佈可知道季內尺度變異量較明顯的區域為赤道印度洋、海洋大陸及西北太平洋地區,接下來我們針對這些區域進行分析。

(2)波譜分析

上一小節已經分析出季內尺度變化最主要的區域,本節主要探討MJO在這些區域的時間尺度,冬季採用了印度洋(75E-100E、10S-5N)、海洋大陸(Maritime Continent: 115E-145E、17.5S-2.5S)及西太平洋(160E-185E、20S-20N)的區域平均,夏季則以孟加拉灣(80E-100E、10-20N)、印度洋、西太平洋(115E-140E、10N-25N)的區域平均,針對2003年冬季與2004年夏季的OLR場做時間波譜分析,如圖3a,在印度洋區域可以看到有三個主要的波段,分別是100天、30-80天、20天,其中以分布在30-80天的波段訊號強度較強,而在海洋大陸(Maritime Continent)區域如圖3b,可以看到主要的強波段為30-80天的波段以及高頻約20天左右的波段,其中尤其以30-80天的波段訊號最強,而西太平洋的波譜分析如圖3c,同樣可以看到最主要的訊號在30-80天的波段內。而在2004年夏季,如圖4,可以看到孟加拉灣(圖4a)、印度洋區域(圖4b)最主要的訊號在30天附近變化,而西北太平洋(圖4c)的區域最主要的波段則是分布在30-80天,因此,透過波譜分析我們可以分析出這些區域最主要的波段變化週期。如訊號出現在季內尺度的波段,則代表這段時間內有季內尺度週期的波動正在活動的象徵。

(3)延遲相關

Wang and Rui (1990)針對熱帶季內對流距平(TICA)分析顯示,在122個被證實的事件中,有77個事件(63%)向東傳播,27個事件(22%)向北傳播,18個事件(15%)向西傳播,如圖5,為據此所繪製之示意圖。有鑑於此,為探討是否能夠監測到MJO向東

傳播的特性,我們針對特定的區域如2003年冬季Indian Ocean(75E-100E, 10S-5N)做區域平均,並與經過20-100天濾波之後的經向平均(10S-10N)做延遲相關(Lag Correlation),得出的結果如圖6,圖中可以清楚的看到在印度洋區域的-10天開始,整個相關係數的分布隨著時間往東移動,至20天處移動到約東經180度處便消散,意味著在印度洋區域的系統有隨著時間向東移動情形,這種東移的特性與前學者研究相符合。

為驗證此一結果,我們將2003年冬季觀測資料做10S-10N的緯向平均,得到一個時間-經度之序列圖,如圖7,可以看到在2003年12月中旬至2004年2月中旬,東經60度附近,有一波明顯的往東移動訊號,移至西經120度附近才消散。另外一波則與圖6類似,在2004年3月至2004年4月份,自東經60度附近開始往東移動至太平洋東經180度附近消散,因此經由區域的延遲相關圖與實際觀測的時間-經度序列圖,可以清楚的看到MJO向東移動的軌跡。而2004年夏季(5-10)東移的情形也與圖6類似(圖略),同樣自東經60開始向東傳播,至180度附近消散。

在夏季,MJO除了會向東傳播之外,同時也會有北移的特性。圖8為2004年夏季(5-10)OLR之區域平均(115E-135E)與印度洋(75E-100E, 10S-5N)之間的延遲相關圖,圖中可以清楚的看到,在-25天時,有一波自赤道附近開始向北傳播,往北傳至約25N附近,而在5-25天時,亦有一波往北傳的訊號,再觀看觀測資料如圖9,每隔30-40天就有一波自南緯10度開始,向北傳播至約北緯30度附近的訊號,因此兩相比較可以證實MJO在印度洋區域往北傳的訊號非常明顯。

圖10與圖8同,但為2004年夏季(5-10)OLR之區域平均(80E-100E)與印度洋(75E-100E, 10S-5N)之間的延遲相關圖,圖中可以清楚的看到,在印度洋區域的對流,自赤道開始一分為二,在-10天時開始向南及向北傳播,往南移動至20S,往北傳則到達約20N,與實際觀測的資料相比較如圖11,自5月的赤道開始,就有一波接著一波往北與往南的訊號在傳播著,往南約至南緯20度,往北傳播至北緯30度附近,因此與延遲相關的結果是符合的。

因此由以上可以印證,在印度洋區域的MJO會分成兩個分量,一部分自印度洋區域向北移動至北緯30N,另一分量則向東移至80-100E約海洋大陸附近,之後分成向南及向北移動的分量,繼續隨著時間傳播,因此這樣的結果與前人所研究的MJO特徵是相同的。

(4)頻率-波譜分析

為分析冬季與夏季期間的空間與時間分布特性,圖11為OLR場赤道南北緯10度的平均所做的空

間-時間波譜分析，由圖中可以發現2003年冬季主要訊號約在30~60天及60~100天之間的向東傳播波段，其主要波數約為坐落在波數1~2，向西傳播的訊號則是不明顯。同樣在2004年夏天，如圖12，波段則是集中在50~80天的範圍之間，波數最大為2，較2003年冬季來的弱。因此由空間-時間波譜分析圖中，藉由波段出現位置，驗證了熱帶季內震盪波段主要集中在赤道地區，並且會有向東傳播的特徵。

(5) 相位分析

根據Wheeler and Hendon(2004)所定義之多變數MJO指數(Real-time Multivariate MJO: RMM)，將OLR場自1981-2005年每日的觀測資料，取15S~15N之區域平均，並與U200、U850共三個變數進行combined-EOF分析，取前兩組的時間序列(RMM1；RMM2)，可繪製成MJO相位時間序列。如圖13，為2003年冬季之MJO相位分布圖，圖中相位1~8分別代表自西半球及非洲開始(8-1)、印度洋(2-3)、海洋大陸(5-6)以及西太平洋(6-7)地區，訊號落在中心圓圈處，代表是弱的MJO，離中心越遠，代表強度越強。由圖中可以看到11月的MJO訊號是比較弱的，自12月起訊號逐漸轉強，自印度洋開始向東移動，經海洋大陸、西太平洋及非洲，約在1月25日到達印度洋，繞行地球一周，費時約55日。而圖14為2004年夏季MJO相位分布圖，雖然強度沒有2003年冬季強，但仍可以看出MJO的移動訊號，繞行地球一周也需花費30天以上。

四、結論與未來發展

經由以上的分析結果可以瞭解：由變異量的計算，我們知道MJO最主要的變化區域位置；經由波譜分析可以得到MJO的時間週期；而延遲相關的探討；可以了解到MJO向東與向北傳播的傳播路徑差異；從頻率-波譜分析可以知道東西方向波的傳遞與頻率；而相位分析則讓我們更清楚的監測MJO發展的位置與強弱，因此，由上述的驗證結果分析，確實可以掌握到MJO的生成與發展，證明本MJO監測分析系統確有其實用性。

本系統目前主要用途為監測MJO的活動及發展，未來將分析本局數值天氣預報(NWP)的預報資料，進行MJO預報的嘗試，同時也將針對本局於四期計畫中，所建立之氣候預報系統(GFS)模式資料做診斷與分析，期望能分別建立監測與診斷MJO的系統，對於短期氣候的預報就能提供更多可參考的資料。

五、參考文獻

- Krishnamurti, T. N., M. C. Sinha, R. Krishnamurti, D. Oosterhof, and J. Comeaux, 1992: Angular momentum, length of day and monsoonal low-frequency mode. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 131-166.
- Lau, K. M., and P. H. Chan, 1985: Aspects of the 40-50 day oscillation during northern winter as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1889-1909.
- Lau, K. M., and D. E. Waliser, 2005: Intra-seasonal Variability in the Atmosphere-Ocean Climate System. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-22276-6.
- Madden, R. A., and P. R. Julian, 1971: Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702-708.
- , and ——, 1972: Description of global-scale circulation cells in the Tropics with a 40-50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 3138-3158.
- , 1987: Relationship between changes in the length of day and the 40 to 50 day oscillation in the tropics. *J. Geophys. Res.*, 92, 8391-8399.
- , and ——, 1994: Observations of the 40-50 day tropical oscillation— A review. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 814-837.
- Wang, B., and Rui, H., 1990: Synoptic climatology of transient tropical intraseasonal convection anomalies: 1975-1985. *Meteorol. and Atmos. Phys.*, 44, 1-4, 43-61.
- Wheeler, M. C. and H. H. Hendon, 2004: An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 1917-1932.

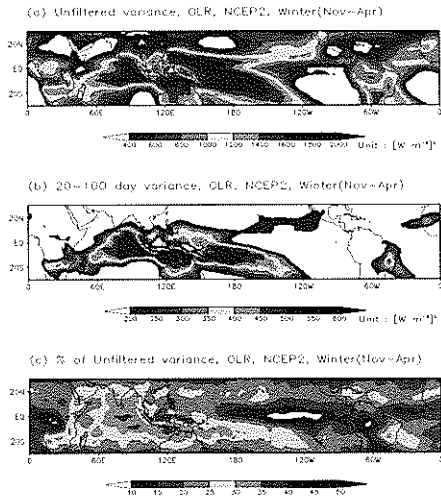


圖1. 1981-2005年OLR冬季平均變異量。

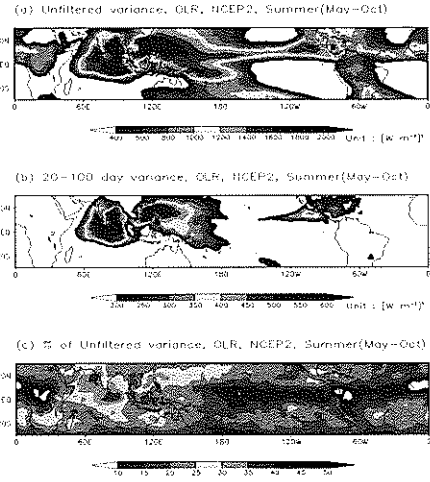


圖2. 1981-2005年OLR夏季平均變異量。

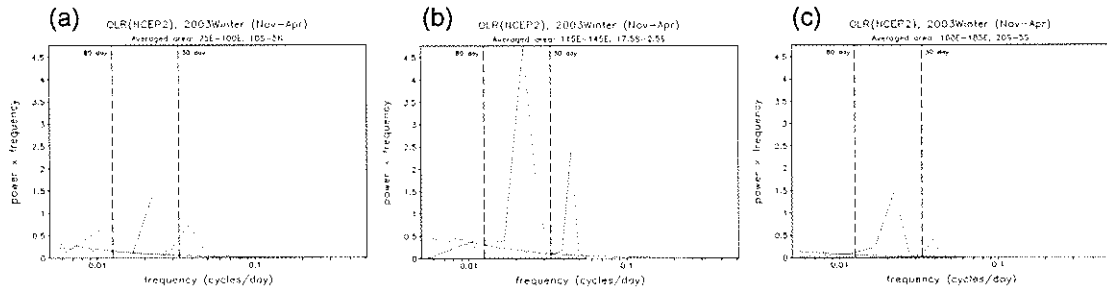


圖3. (a)印度洋、(b)海洋大陸、(c)西太平洋區域之時間波譜分析。

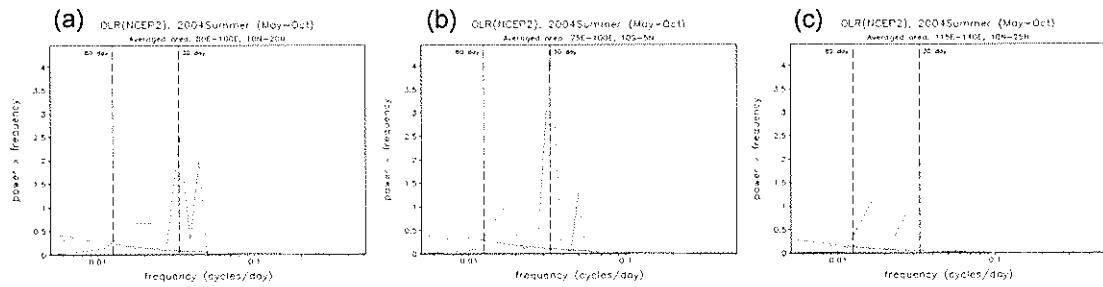


圖4. (a)孟加拉灣、(b)印度洋、(c)西北太平洋區域之時間波譜分析。

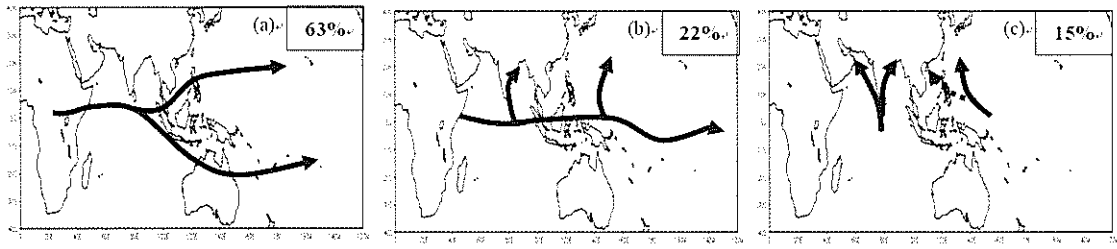


圖 5. 根據 Wang and Rui (1990)所繪之熱帶地區季內震盪傳播路徑的 3 個型態，(a)向東傳播，佔 63%(b)向北傳播，佔 22%(c)向西傳播，佔 15%，

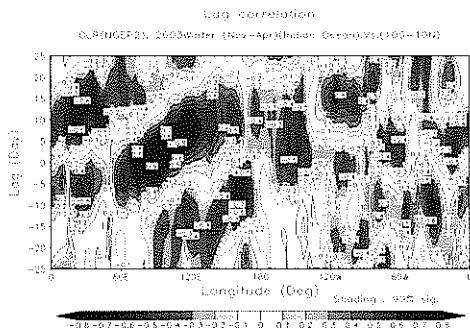


圖6. 2003年冬季OLR區域平均(10S~10N)與印度洋區域(75E~100E，10S~5N)與時間之延遲相關。

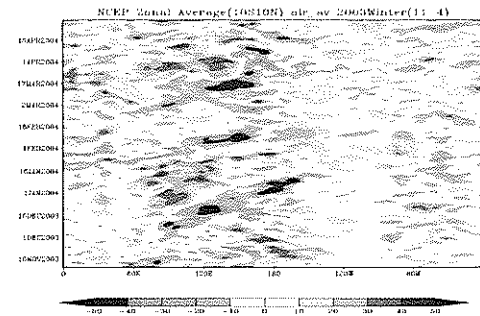


圖7. 2003年冬季OLR之時間-經度(10S~10N平均)之序列圖。

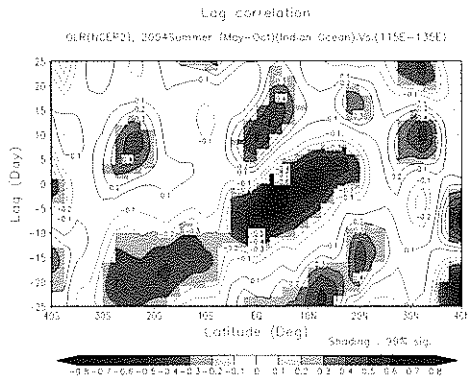


圖8 2004年夏季OLR區域平均(115E~135E)與印度洋地區之時間-緯度延遲相關圖

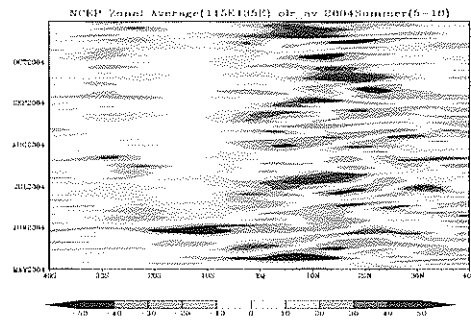


圖9. 2004年夏季OLR之時間-緯度(115~135E平均)之序列圖。

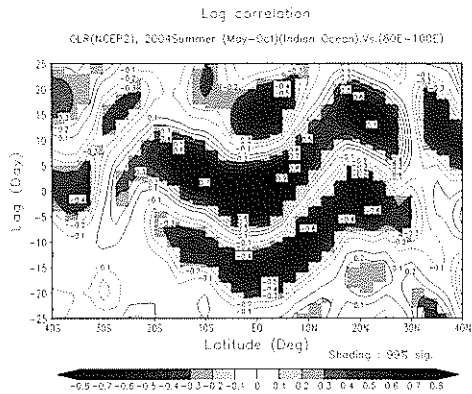


圖10. 2004年夏季OLR區域平均(80~100E)與印度洋地區之時間-緯度延遲相關圖

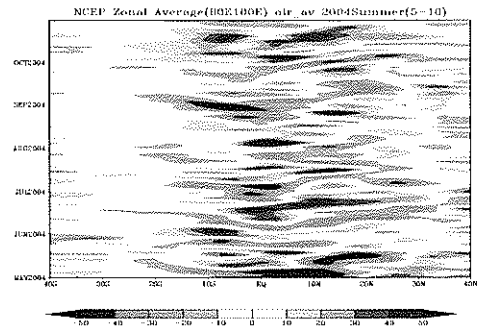


圖11. 2004年夏季OLR時間-緯度(80~100E平均)之序列圖。

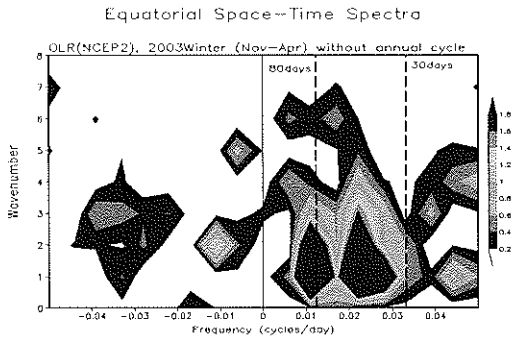


圖11. 2003年冬季OLR場之區域平均(10S~10N)之空間-時間波譜分析圖

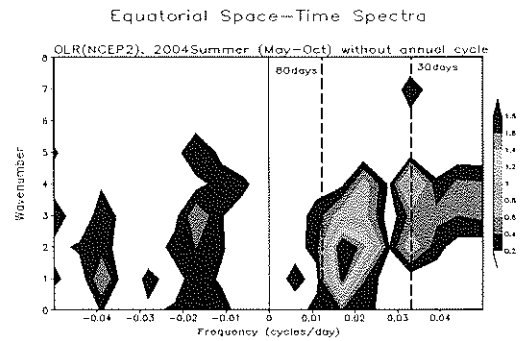


圖12. 2004年夏季OLR場之區域平均(10S~10N)之空間-時間波譜分析圖。

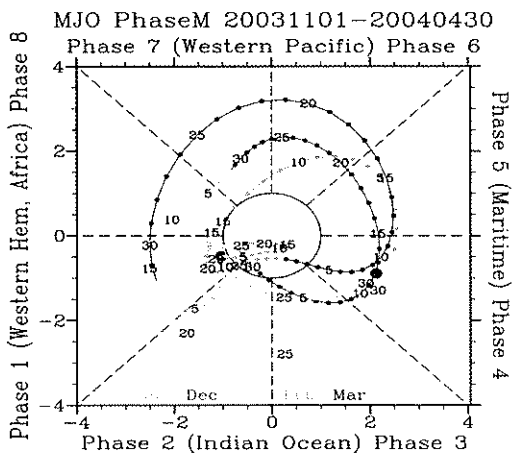


圖13. 2003年11月~2004年4月之RMM相位分布圖。

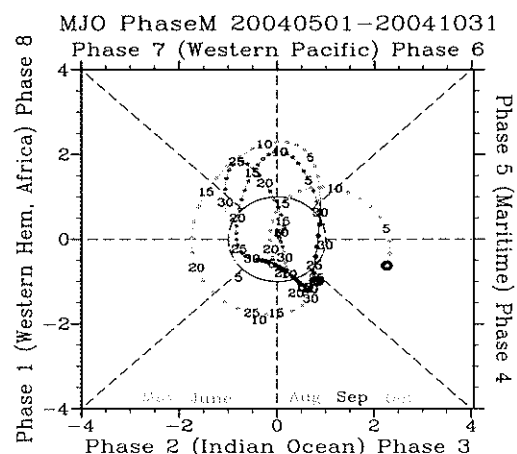


圖14. 2004年5月~2004年10月之RMM相位分布圖。