

第五章 海氣交互作用之比較

在比較海氣交互作用時使用同一個 GFDL 的模式，本研究中設計二個不同海溫實驗分別是 CTRL 模擬和 MLM 模擬，MLM 模擬和 CTRL 模擬在東赤道太平洋(15°S-15°N, 172°E-南美洲海岸)中都使用觀測的 SST，也就是說這二個模擬同時受到 ENSO 事件的影響，不同的是模式在這個區域外海洋的處理，在 MLM 實驗中在赤道太平洋外面的自由冰面海洋使用一個海洋混合層模式，在區域外計算水柱在海氣介面因為熱量和輻射通量的變化而造成的海水表面溫度的改變，在海面上耦合到每一個 AGCM 的格點，混合層裡在鄰近格點間的交互作用並未考慮，總共有 16 個 MLM 模擬。而 CTRL 模擬所使用的 SST 是從 MLM 模擬中結果的長期 SST 的月平均值，並不包含年際變化部分，共 8 個模擬個數。

由這樣的實驗設計知道 MLM 模擬的海溫受到海氣交互作用所影響，CTRL 模擬的海溫資料只是長期的平均值，並不考慮年際變化所以並不受到海氣交互作用所影響。關於這個模式詳細的數值和物理過程在 Gordon and Stern(1982)和 Broccoli and Manabe(1992)中有詳細描述。CTRL 模擬和 MLM 模擬的時間長度同樣取 1955 年 12 月至 2000 年 2 月，並將資料做三個月的滑動平均。以上述變異量分析方式計算 CTRL 模擬的潛在可預報度，在 MLM 模擬方面在 16 個模擬個數中任意

取 8 個模擬個數，以變異量分析方式計算其潛在可預報度，在隨機組合中選取 100 個潛在可預報度值，之後利用 t-test 檢定計算每一網格點上的 t 值分佈 $t = \frac{\hat{\mu}_x - C}{S_x}$

其中 $\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^{100} \chi_i}{100}$ ，C=CTRL 模擬的潛在可預報度， $S_x = \frac{\sum_{i=1}^{100} (\chi_i - \hat{\mu}_x)}{100 - 1}$ 為 100

個潛在可預報度值的標準差。計算 MLM 模擬的各個變數中 100 個潛在可預報度值的平均值，接著計算 MLM 和 (MLM+CTRL) 的可預報度值的比值後，取 90% 的信心度的 t 值在 $t=1.66$ 下，將 MLM 和 (MLM+CTRL) 的可預報度值的比值在 t 值大於 1.66 以上者保留畫出，此分佈代表 MLM 和 CTRL 這兩種模擬中比較不同之處，以瞭解在模式中考慮海氣交互作用時對模式反應的差異。

5-1 降水場(Precipitation)

圖 5-1~5-2 分別是以變異量分析方法所計算出來降水場的可預報度 (MLM 實驗為 100 個可預報度的平均值)，圖 5-3 是降水場中 MLM 模擬的可預報度除以 MLM 模擬加上 CTRL 模擬的可預報度比值，圖上可以看出兩個模擬的降水場的可預報度之間在太平洋的差異最小，圖 5-4 為兩個模擬的降水場中 t-test 的 t 值在各個月份的分布，圖 5-5 為圖 5-3 在 t-test 中通過 90% 信心度 (t 值等於 1.66) 檢驗的區域，由此圖可以看出兩種模擬結果差異非常有限，大體來說在 CTRL 實驗和 MLM 實驗之間的差異並不大，之間差異也未見明顯的季節性變化。

5-2 平均海平面氣壓(Mean Sea Level Pressure, MSLP)

圖 5-6~5-7 分別是以變異量分析方法所計算出來 MSLP 的可預報度(MLM 模擬為 100 個可預報度的平均值)，圖 5-8 是海平面氣壓場在 MLM 模擬的可預報度除以 MLM 模擬加上 CTRL 模擬的可預報度比值，圖上可以看出兩個模擬的海平面氣壓場的可預報度之間在太平洋的差異最小，而且在太平洋上的差異可以看出季節性的變化，圖 5-9 為兩個模擬的海平面氣壓場中 t-test 的 t 值在各個月份的全球分布，圖 5-10 為圖 5-8 在 t-test 中通過 90%信心度(t 值等於 1.66)檢驗的區域，在冬、夏季可以看出 CTRL 模擬普遍比 MLM 模擬大，而春、秋季 MLM 模擬比 CTRL 模擬大都集中在大西洋地區，印度洋地區 CTRL 模擬普遍比 MLM 模擬大。

5-3 Z500 高度場

圖 5-11~5-12 分別是以變異量分析方法所計算出來 Z500 的可預報度(MLM 實驗為 100 個可預報度的平均值)，圖 5-13 是 Z500 高度場在 MLM 模擬的可預報度除以 MLM 模擬加上 CTRL 模擬的可預報度比值，圖上可以看出兩個模擬的 Z500 高度場的可預報度之間在熱帶的差異最小，在 9-12 月間的太平洋地區差異較大，圖 5-14 為兩個模擬的 Z500 高度場中 t-test 的 t 值在各個月份的全球分布，由圖上可以看出 t 值分佈的季節性變化，尤其在 5-9 月的熱帶地區有較大的 t

值，圖 5-15 為圖 5-13 t-test 中通過 90%信心度(t 值等於 1.66)檢驗的區域，在 5-10 月的熱帶地區有較大的差異。

由以上的比較來看模式模擬時考慮海氣交互作用時，在降水場的差異並不大，在太平洋地區的差異比其他地區明顯，但是沒有明顯的季節性變化。海平面氣壓場在大西洋地區比較有季節性變化的差異，印度洋的冬季和夏季可以看出 CTRL 模擬明顯比 MLM 模擬大。在 Z500 高度場二者間的差異主要在 5-9 月的熱帶地區。這三個變數的北半球冬季在 PNA 地區都可以發現這兩個模擬都有差異性存在，都存在比較大的 t 值，在這個區域 CTRL 模擬都比 MLM 模擬要大。

Wear et al.(1976)、Hsiung and Newell(1983)和 Pan and Oort(1990)都提出北太平洋和北大西洋的中緯度海表面溫度(SST)都是隨著 ENSO 事件而改變，在先前的研究(e.g., Alexander, 1990, 1992a, b; Luksch and von Storch, 1992; Lau and Nath, 1996)提出大氣橋(atmospheric bridge)的機制來解釋熱帶 ENSO 現象和海洋-大氣系統的年際變化之間的關係，ENSO 期間熱帶外大氣反映出熱帶作用力，這結果顯示中緯度大氣局部的反映在海氣介面間的能量和動量通量的改變。

Miller et al.(1994)和 Seager et al.(2000)指出 SST 同時受到海洋內部如艾克曼轉換(Ekman transport)和垂直混合，在

GFDL-MLM 模擬中的海洋模式缺少海洋的過程例如湧升流、水平平流和海浪等(Lau and Nath, 2001)，觀測顯示熱帶外在冬天和早春時海洋時的混合層深度比假設的值要深(Levitus, 1982)。

海氣耦合作用在減少大氣熱量的衰退然後提高熱帶外大氣訊號的持續時間(Barsugli, 1995; Blade, 1997)，在此次研究中的 MLM 模擬在熱帶外的可預報度比 CTRL 模擬大可以得到印證， Webster(1981)指出微弱緯向背景流(background flow)是隨著大氣環流和因 SST 距平而加熱或冷卻間較強的耦合而流動，在 MSLP 及 Z500 這二個變數中在冬季時的 PNA 地區都有較大的 t 值，也就是這二個模擬間有較大的差異存在主要是因為中緯度地區海氣交互和局部風的環流的強度有關，。先前的研究顯示不同的模式設計會得到不同的結果(Lau and Nath, 2001)，模式模擬對熱帶外 SST 作用力的反應和許多實驗詳細的設計有關，所以實驗的設計要非常小心嚴謹。