

# 建立澳門單站溫度月預報模型之初探

湯仕文 劉英偉 張展超  
澳門地球物理暨氣象局

## 摘要

隨著經濟及社會之發展，對中長期甚至氣候預報之需求日漸變得迫切，因此澳門地球物理暨氣象局嘗試開始建立一個氣候預報模型。

本文中使用了 International Research Institute for Climate and Society (IRI) 之 Climate Predictability Tool (CPT)，用 1952-2002 年之間的海水溫度及 500hPa 高度場來建立多個預報模型，並利用該些模型來擬合 1953-2002 年之澳門月平均溫度，亦利用 2002-2006 年之海水溫度及 500hPa 高度場來預報 2003 年至 2006 年 4 年間溫度，本文中會對各個模型之結果進行相關及誤差分析。

從初步分析來看，使用單一因子場(單一區域的單一元素)來作月氣溫預報，儘管在擬合中有一定的能力，但用來作氣候預報時，則結果尚未令人滿意。而當使用數個因子場的組合來作預報時，則會對過去資料的擬合能力有顯著之提升，但對於預報能力則不一定起著提升的作用。

# **Preliminary Study in establishing forecast model on Monthly Temperature in Macao**

Tong Si Man Lao Ieng Wai Cheong Chin Chio  
Macao Meteorological and Geophysical Bureau

## Abstract

The demand of the mid to long-range weather forecast, and even the climate forecast, becomes much urgent because of the development of economic and society. As a result, Macao Meteorological and Geophysical Bureau began to develop a climate prediction model.

In this paper, we use Climate Predictability Tool (CPT), which was developed by International Research Institute for Climate and society (IRI), to develop some models with sea surface temperature (SST) and geopotential height of 500 hPa in 1952 to 2002 as the predictor. Then we use these models to fit to the Macao monthly average temperature from 1953 to 2002 as well as to forecast the monthly temperature from 2003 to 2006. Furthermore, the result will be examined by means of correlation and error analysis.

Preliminary study of the result shows that predictions with single predictor cannot satisfy the requirement of climate forecast even though they have some ability in fitting to the historical data. The combination of several predictors will improve the fit performance of the models significantly. However, the predictability of the models may not be improved significantly.

# 建立澳門單站溫度月預報模型之初探

湯仕文 劉英偉 張展超

澳門地球物理暨氣象局

## 1. 引言

澳門位於北回歸線以南，珠江口的西側，前臨南海，背靠珠江三角洲，澳門東面與香港隔珠江口相望，西面與珠海市的灣仔一衣帶水，北邊與珠海的拱北相連，是中國大陸與南中國海的水陸交匯處<sup>(6)</sup>。冬夏季風向相反，屬季風區及氣候分類方面屬夏季多雨暖溫帶氣候，又因位於海岸地區，深受海洋和季風影響。全年主要分冬夏兩季，春秋短暫而不明顯。3-5 月為春季，6-8 月為夏季，9-11 月為秋季，12 月-次年 2 月為冬季。夏熱多雨，冬稍乾冷，春溫多霧，冬日晴朗，每年以 10 月中旬至 12 月天氣最佳，最為舒適。澳門的年平均氣溫為 22.4°C，其中 1 月最冷，平均氣溫 14.8°C。7 月最熱，平均氣溫 28.6°C。最冷的記錄是-1.8°C，於 1948 年 1 月 26 日錄得，最熱的記錄是 38.9°C，於 1930 年 7 月 2 日和 6 日錄得。

由於經濟及社會發展，市民對天氣預報的要求不再限於 2 至 4 天的短期預報，對 5 至 7 天甚至更長期的預報之需求日漸變得迫切。因應廣大市民的需求，本局嘗試開始建立一個氣候預報模型，為中長期預報業務作好準備。

影響一個地區氣候變化的因子很多，如太陽輻射的變化，ENSO 事件，大氣低頻變化等。在本文中，吾人會利用不同區域不同時段北太平洋海水溫度及北半球 500hPa 高度場作為預報因子，並以 1952-2002 年澳門各月平均溫度作為基本資料，以主成分回歸(PCR)方法分別建立多個單因子場模型及三個多因子場模型，然後利用這些模型來擬合 1953-2002 年的各月月平均氣溫，以及預報 2003-2006 年的月平均氣溫，最後吾人會對各模型的擬合及預報作一初步分析。

## 2. 主成分回歸簡介<sup>(2)</sup>

對於具有多個自變量的線性回歸問題，可以構造一些潛變量作為新的變量，這些潛變量是由原有自變量進行線性變換得到的，且可以反映出原有變量所蘊涵的基本信息，主成分分析就可以達到這種目的。利用主成分分析從多元隨機變量的觀測樣本矩陣中提取主成分，它們是原變量的線性組合且相互正交。利用某種判據選取前幾項方差較大的主成分，略去方差較小的一些主成分。這樣子不僅保留了大部份原有信息，又消除了複共線性，克服了最小二乘回歸的缺點。這種利用主成分作為新自變量進行回歸的方法是 W. F. Massy 在 1965 年提出來的，被稱為主成分回歸(Principal Component Regression ,PCR)。

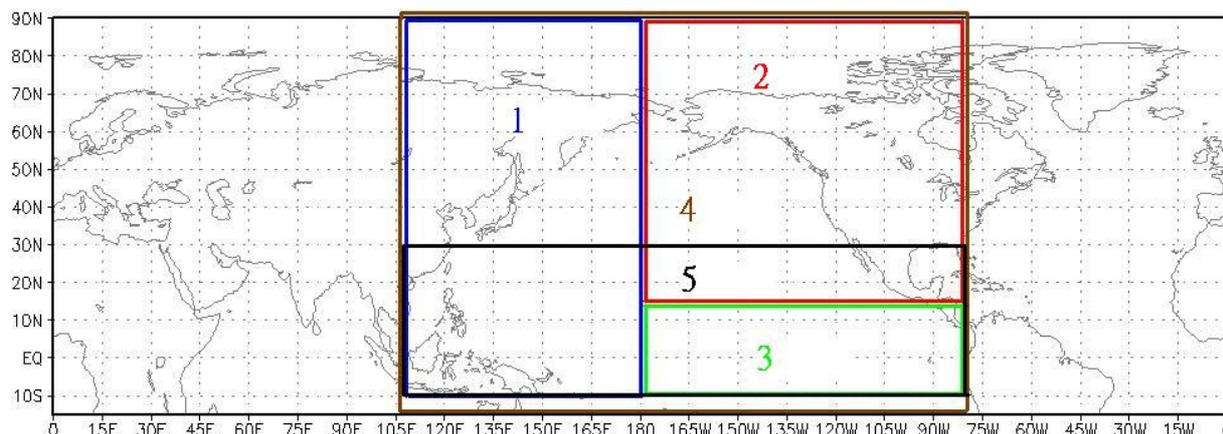
## 3. 應用資料

選取澳門地球物理暨氣象局 1952-2006 年月平均溫度作分析資料及預報資料，而預報

因子則取用

A) NOAA 的 NCDC ERSST version2 之太平洋海水表面溫度資料，經向及緯向格距均為 2x2 度，並根據梁嘉靜等人<sup>(1)</sup>將海水表面溫度劃分成 5 區(圖 1)，劃分方式如下：

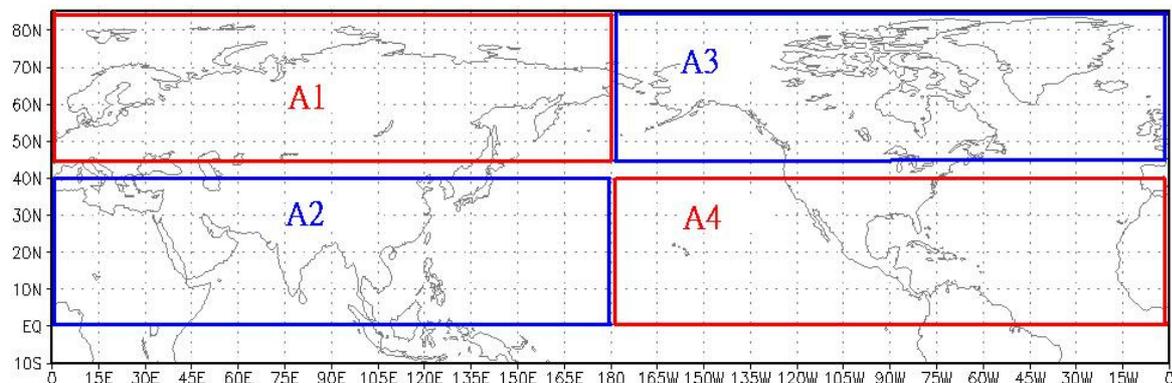
- 1) 180 以西，10S 以北。
- 2) 180 以東，15N 以北。
- 3) 180 以東，10S 至 15N。
- 4) 110E 以東，15S 以北。
- 5) 110E 以東，10S 至 30N。



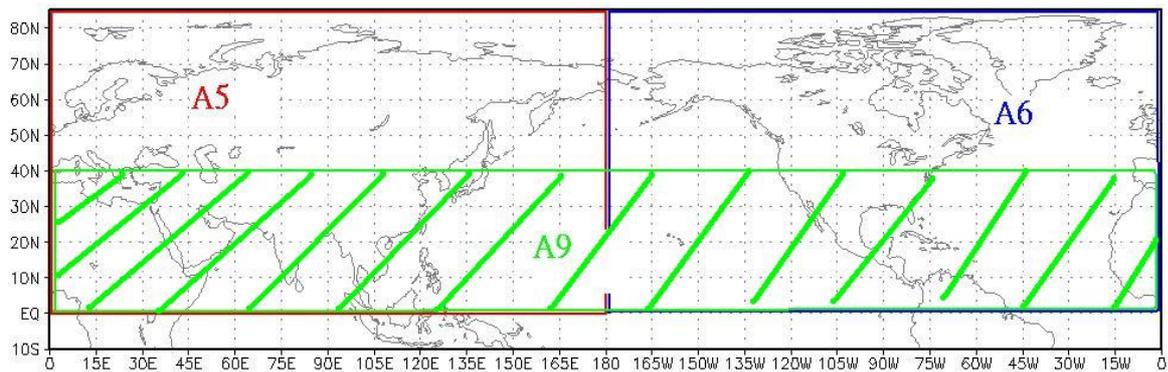
(圖 1)

B) NCEP Reanalysis Data 之 500hPa 高度場資料，經向及緯向格距均為 2.5x2.5 度，並根據梁嘉靜等人<sup>(1)</sup>將其劃分成 11 區以作分析(圖 2 至圖 4)，劃分方式如下：

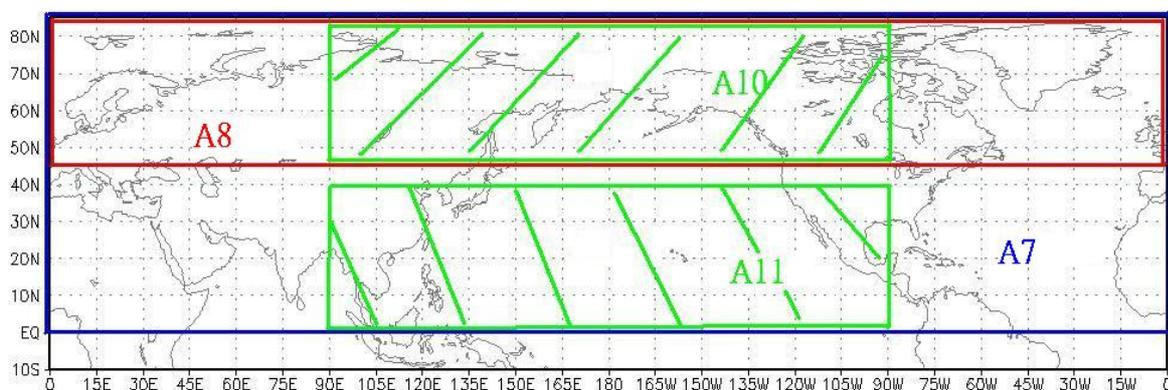
|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| A1) 0E-180E，45N-85N | A7) 0E-0W，0N-85N     |
| A2) 0E-180E，0N-40N  | A8) 0E-0W，45N-85N    |
| A3) 180E-0W，45N-80N | A9) 0E-0W，0N-40N     |
| A4) 180E-0W，0N-40N  | A10) 90E-90W，45N-85N |
| A5) 0E-180E，0N-85N  | A11) 90E-90W，0N-40N  |
| A6) 180E-0W，0N-85N  |                      |



(圖 2)



(圖 3)



(圖 4)

以上各區的海表溫度及 500hPa 高度場資料，均取下列 13 組時間組合：

|        |                 |            |
|--------|-----------------|------------|
| 1-2 月  | 11-12 月         | 春季(3-5 月)  |
| 3-4 月  | 4-6 月           | 夏季(6-8 月)  |
| 5-6 月  | 7-9 月           | 秋季(9-11 月) |
| 7-8 月  | 4-9 月           |            |
| 9-10 月 | 冬季(12 月-翌年 2 月) |            |

即每個預報量(月平均氣溫)分別以 208 個場來作預報。

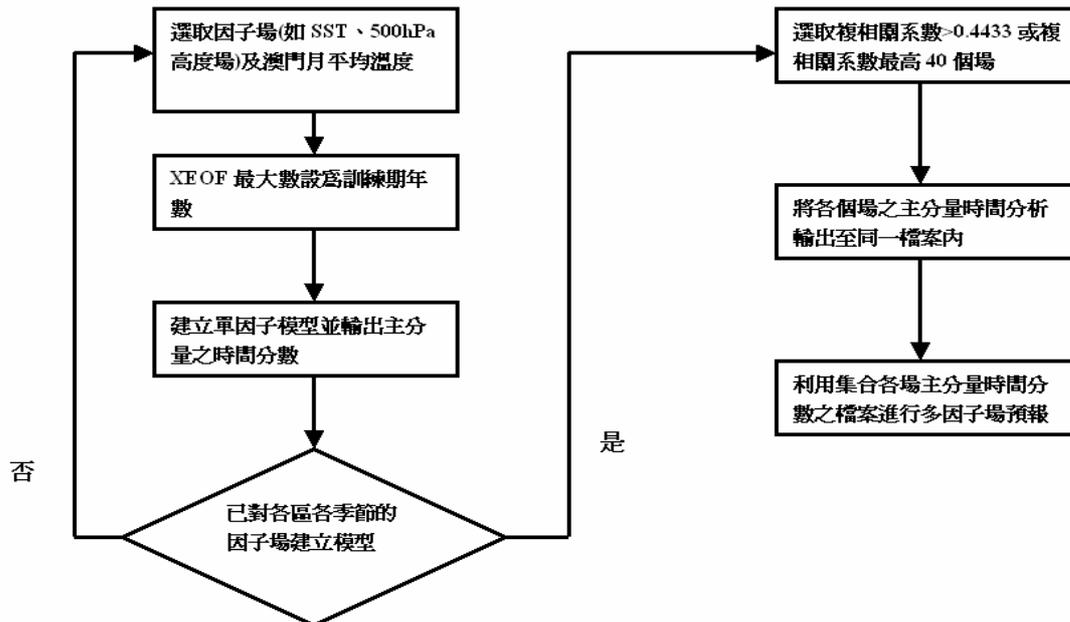
#### 4. 計算方法

本文利用 IRI 之 CPT version 7.03 來作預報工具，並使用 CPT 程式內之主成分回歸(PCR)方法，來進行預報及分析。首先會利用 1952-2006 年各區海水溫度及 500hPa 高度場逐一對月平均氣溫進行擬合及預報(共 208 個單因子場模型)，再分別利用多區海水溫度及多區 500hPa 高度場作多因子場預報，最後，會同時利用海水溫度及 500hPa 高度場作預報因子，來擬合 1953-2002 年月平均氣溫，及預報 2003-2006 年氣溫。為方便起見，三個多因子場模型分別稱為 M-SST、M-Z500 及 M-SZ。

由於 CPT 原本是設計利用單一因子場來預報，而本文會同時以多個因子場來作月平均

溫度預報，故現根據 IRI 網頁中 FAQ<sub>(4)</sub>之說明，採用以下方法來完成多因子場預報：

- 1) 先將程式內之 XEOF 之最大數設為訓練期之年數(本文中為 50)，然後逐一利用各個因子場(500hPa 高度場共 143 個，海面溫度場共 65 個)，對各月平均氣溫作擬合及預報，輸出各場之主成分之時間分數(Time Score)。
- 2) 將各個場之主成分之時間分數合併至同一檔案內。
- 3) 利用集合各場主成分之時間分數之檔案，對當月平均氣溫再重新作一次預報，其結果即可視作同時以多個因子場作預報。(圖 5)



(圖 5)

在實際操作中，因程式之限制，未能將全部因子場之主成分時間分數放入程式中運算，故本文在建立多因子場模型時，會取用在擬合結果中複相關系數高於 0.4433，或取複相關系數最高之 40 個因子場，兩者取因子場數較少者。

## 5. 結果分析

下文會先對單因子場模型進行整體性評估，然後對三個多因子場模型(M-SST, M-Z500 及 M-SZ) 進行評估，評估會分成兩個階段，先評估各模型在擬合 1953-2002 年(即模型訓練期)之各月月平均氣溫之能力，然後再評估各模型預報 2003-2006 年(文中分別稱為 P1, P2, P3 及 P4 年)月平均氣溫之表現。

## 單因子場模型

利用單因子場模型擬合各月月平均氣溫的複相關係數及殘差標準差如下：

| 單因子模型擬合 1953-2002 年月平均溫度 |    |      |      |      |      |       |      |       |      |       |       |      |       |
|--------------------------|----|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|
|                          |    | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY   | JUN  | JUL   | AUG  | SEP   | OCT   | NOV  | DEC   |
| 複相關係數                    | 平均 | 0.68 | 0.63 | 0.76 | 0.72 | 0.62  | 0.58 | 0.59  | 0.66 | 0.66  | 0.65  | 0.66 | 0.57  |
|                          | 最大 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99  | 0.99 | 0.98  | 0.98 | 0.98  | 0.99  | 0.99 | 0.98  |
|                          | 最小 | 0.06 | 0.07 | 0.15 | 0.09 | -0.17 | 0.06 | -0.14 | 0.04 | -0.20 | -0.05 | 0.09 | -0.18 |
| 殘差標準差<br>(度)             | 平均 | 0.98 | 1.80 | 1.03 | 0.85 | 0.65  | 0.45 | 0.41  | 0.42 | 0.44  | 0.47  | 0.86 | 1.17  |
|                          | 最大 | 1.70 | 2.42 | 1.44 | 1.28 | 2.13  | 0.58 | 0.55  | 1.16 | 1.55  | 0.80  | 1.74 | 2.04  |
|                          | 最小 | 0.22 | 1.49 | 0.33 | 0.39 | 0.10  | 0.19 | 0.27  | 0.24 | 0.26  | 0.16  | 0.31 | 0.63  |

| 單因子模型預報 2003-2006 年月平均溫度 |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          |          | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| 預報誤差(度)                  | 平均       | 1.44 | 2.28 | 2.31 | 1.51 | 0.92 | 0.65 | 0.46 | 0.43 | 0.76 | 0.94 | 1.43 | 1.64 |
|                          | 最大       | 3.82 | 6.39 | 3.80 | 4.25 | 2.17 | 1.19 | 0.97 | 1.78 | 1.57 | 2.27 | 4.67 | 5.17 |
|                          | 最小       | 0.43 | 0.52 | 0.49 | 0.47 | 0.27 | 0.35 | 0.28 | 0.12 | 0.41 | 0.47 | 0.26 | 0.21 |
| 預報誤差(度)                  | 2003(P1) | 1.29 | 2.31 | 2.09 | 1.53 | 1.04 | 0.76 | 0.57 | 0.36 | 0.41 | 0.48 | 1.15 | 1.57 |
|                          | 2004(P2) | 1.52 | 2.53 | 1.87 | 1.72 | 0.76 | 0.70 | 0.58 | 0.38 | 0.45 | 0.70 | 1.28 | 1.83 |
|                          | 2005(P3) | 1.96 | 2.69 | 3.43 | 1.68 | 1.21 | 0.66 | 0.24 | 0.74 | 0.81 | 1.03 | 1.79 | 2.20 |
|                          | 2006(P4) | 1.33 | 2.57 | 2.15 | 1.85 | 0.88 | 0.51 | 0.43 | 0.35 | 1.20 | 1.43 | 2.09 | 1.85 |

根據各模型的複相關係數，發現不同區域的海溫場及高度場對月平均氣溫的擬合能力及預報能力均有所不同，現詳述如下：

在擬合 1 月平均氣溫中，以 4-9 月的 2、3 及 5 區海水溫度(即東太平洋，尤其是熱帶地區的海水溫度)之效果較佳，但在高度場，則未有如海水溫度場般，出現擬合複相關係數特別突出的區域，亦即各區高度場的擬合能力相當平均，當利用這些模型來預報 2003-2006 年 1 月平均氣溫時，其預報誤差介乎 0.427-3.821 度，平均為 1.445 度。當對 P1 至 P4 年逐年預報誤差分析時，可發現預報誤差隨預報年期的增大而增大，並在 P3 年達到最大。

對 2 月平均氣溫而言，則發現整個太平洋海水溫度均對該月月平均氣溫有一定的擬合能力，其中以 1 區(西太平洋)者較突出，就時間而言，可發現以秋季海水溫度為因子者對 2 月平均氣溫的擬合能力有所增強，相反 4 月海水溫度的作用則有所減弱。高度場方面，則以 4-10 月高緯度及東半球的擬合能力較佳，當利用這些模型來預報 2003-2006 年 2 月平均氣溫時，可發現預報誤差與 1 月相似，隨時間增大，並在 P3 年最大。

3 月平均氣溫則以 3-11 月的 1 區及 3 區海水溫度(即西太平洋及熱帶太平洋的海水溫度)及 3-11 月的高度場的擬合能力較佳，當利用這些模型預報 2003-2006 年的 3 月平均溫度時，可發現預報誤差亦在 P3 年達到最大值。

4 月平均氣溫則以夏季至冬季的海水溫度及 6-12 月的高度場擬合結果較佳。

5 月則以前一年 6 月至當年 2 月的高度場對月平均氣溫的擬合能力較佳，另外，高緯度高度場比低緯度者似乎有更佳的擬合能力。值得注意的是，不論是海溫場或高度場，秋冬季的場對 5 月溫度比前 4 個月溫度的可預報性更為明顯，在預報 2003-2006 年的 5 月平均氣溫時，預報誤差平均低於 1 度。

就平均值而言，單因子場模型對 6 月平均溫度的擬合能力，較 1-5 月者較佳，根據各模型的複相關係數，前一年秋冬兩季及當年春季(9-4 月)的 1 及 5 區(主要是熱帶西太平洋)的海水溫度場之擬合效果較佳，另一方面，則未有某些區域或某些時段的高度場顯示出特別突出的擬合能力，在進行 2003-2006 年 6 月平均氣溫預報時，預報誤差隨時間的變化幅度較小，亦未有如 1-5 月般，在 P3 出現較大的預報誤差。

在 7 月氣溫之擬合中，由前一年夏季及冬季海溫場作預報因子的模型的效果較佳，此與 1-6 月不同，因 1-6 月是以預報前 3 至 9 個月的海水場擬合效果較佳，而且從初步分析，顯示整個太平洋的海水溫度與該月平均氣溫均有一定相關，並未如 1-6 月般存在著以某一區域海溫場為因子場的模型有著較好的擬合結果。高度場方面，同樣是以前一夏季及冬季為因子場者之複相關係數較佳，而其中以熱帶地區的高度場有著較佳的效果。在預報 2003-2006 年該月氣溫方面，與 6 月相似，預報誤差隨時間的變化幅度較小，而大部份模型的預報誤差在 P3 年為最小，與 1-5 月之結果有所出入。

在 8 月，由單一區域海水溫度場為預報因子的模型，總體上比以單一區域高度場為因子者有著較佳的擬合能力，由複相關係數分析中可知，由前一年秋冬季的熱帶海溫場或以前一年夏秋兩季高度場為因子的模型之擬合能力較佳，而這些模型在預報 2003-2006 年該月平均的誤差平均為 0.43 度，若只計算 P1 及 P2 年的預報誤差，則平均值更降至小於 0.4 度，與大部分月份相似，大部分模型的預報誤差在 P3 年達到最大值。

根據各個單一因子場模型的複相關係數可發現，夏季的海水溫度場及高度場與春季的高度場為因子的模型，在擬合 9 月平均氣溫的效果較佳，相反，冬季高度場的擬合能力則較差，在預報 2003-2006 年 9 月平均氣溫時，可知預報誤差隨著時間增加，若單以 P1 及 P2 年計算，誤差平均值為 0.4 度左右。

在擬合 10 月平均氣溫的複相關係數分析中，可發現由夏冬兩季的海溫場和以夏秋兩季為預報因子的模型的效果較佳，當使用這些模型來預報 2003-2006 年 10 月平均氣溫時，可發現誤差會隨時間增加的特性。

根據各模型的複相關係數，可知以春夏兩季的熱帶海溫場或夏季高度場為因子的模型在擬合 1953-2002 年 11 月平均氣溫的能力較佳，在預報 2003-2006 年 11 月平均溫度時，平均誤差超過 1 度，而且基本上隨時間增加的趨勢。

由夏秋兩季的 1、5 區(主要為熱帶西太平洋)海水溫度場為模型在擬合 12 月平均氣溫，有著較佳的效果。另外，低緯度高度場模型比高緯度高度場模型之擬合能力略佳，而在時間方面，則以春夏兩季之高度場為因子者較佳，同時，在分析預報 2003-2006 年 12 月平均氣溫之結果時，可發現誤差隨時間增大的趨勢。平均而言，單因子場模型對擬合及預報夏半年月平均溫度效果較佳，這主要是因為在擬合及預報冬半年月平均溫度時，某些模型會產生較大的殘差及誤差。

## 多因子場模型

同時利用多個因子場的模型，在擬合 1953-2002 年各月月平均氣溫時，不論就複相關

係數或殘差標準差而言，都能得到顯著的改善，當分別對這三個模型進行分析時，可發現在大多數的月份 M-SST 模型的效果略遜於其餘兩者。一般而言，這些多因子場模型的複相關係數均可達 0.9 以上，而擬合 1953-2003 年溫度的殘差標準差一般皆小於 0.4 度，其中較令人意外的是，12 月份的 M-SST 模型未有顯著的改善，同時該月 M-SST 之殘差標準差亦較其他多因子場模型為高，接近 1 度，另外，2 月的 M-SST 模型的擬合複相關雖然達 0.93，但是其殘差標準差亦達 0.66 度。

但是當利用這三個模型來預報 2003-2006 年之月平均氣溫，由預報誤差分析中可見，多因子場模型之預報效果不一定比單一因子場模型為佳，這個情況以 M-SST 模型尤其明顯，而當對逐年之預報誤差進行比較，可發現 M-SST 模型在 P3 及 P4 這兩年的預報能力較差，而在 P1 及 P2 年之預報能力則與單因子場模型之預報能力相若或更佳。

| 多因子模型擬合 1953 至 2002 年月平均溫度 |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            |        | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| 複相關係數                      | M_SST  | 0.99 | 0.93 | 0.98 | 0.99 | 0.96 | 0.90 | 0.97 | 0.91 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.72 |
|                            | M_Z500 | 0.96 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.88 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
|                            | M_SZ   | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.92 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 |
| 殘差標準差<br>(度)               | M_SST  | 0.17 | 0.66 | 0.30 | 0.20 | 0.26 | 0.25 | 0.12 | 0.23 | 0.13 | 0.10 | 0.23 | 0.92 |
|                            | M_Z500 | 0.38 | 0.36 | 0.16 | 0.22 | 0.07 | 0.28 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 0.22 | 0.25 |
|                            | M_SZ   | 0.25 | 0.27 | 0.13 | 0.04 | 0.20 | 0.22 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.18 | 0.25 |

| 多因子模型預報 2003 至 2006 年月平均溫度 |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            |        | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| 預報誤差(度)                    | M_SST  | 0.95 | 0.96 | 3.29 | 0.51 | 1.32 | 0.55 | 0.84 | 0.64 | 0.86 | 1.40 | 1.59 | 1.04 |
|                            | M_Z500 | 0.99 | 1.44 | 1.87 | 0.76 | 0.63 | 0.53 | 0.51 | 0.35 | 0.70 | 0.63 | 1.41 | 0.89 |
|                            | M_SZ   | 1.12 | 1.10 | 2.03 | 0.64 | 0.94 | 0.53 | 0.64 | 0.54 | 0.81 | 0.69 | 1.51 | 0.81 |

| M_SST 模型預報 2003 至 2006 年月平均溫度 |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                               |          | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| 預報誤差(度)                       | 2003(P1) | 0.85 | 0.51 | 1.67 | 0.01 | 0.39 | 0.49 | 1.24 | 0.01 | 0.40 | 0.88 | 1.11 | 0.55 |
|                               | 2004(P2) | 1.16 | 0.12 | 2.63 | 0.16 | 0.43 | 0.48 | 0.48 | 0.44 | 0.37 | 0.08 | 0.95 | 0.10 |
|                               | 2005(P3) | 1.23 | 1.64 | 4.38 | 0.95 | 1.19 | 0.85 | 0.14 | 1.16 | 0.37 | 1.23 | 1.84 | 1.99 |
|                               | 2006(P4) | 0.14 | 0.83 | 3.81 | 0.30 | 2.28 | 0.20 | 1.00 | 0.34 | 1.60 | 2.36 | 2.14 | 0.19 |

| M_Z500 模型預報 2003 至 2006 年月平均溫度 |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                |          | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| 預報誤差(度)                        | 2003(P1) | 0.39 | 1.36 | 2.23 | 0.45 | 0.60 | 0.43 | 0.89 | 0.03 | 0.23 | 0.06 | 1.16 | 0.07 |
|                                | 2004(P2) | 0.89 | 1.86 | 0.72 | 0.17 | 0.23 | 0.48 | 0.30 | 0.22 | 0.45 | 0.66 | 0.92 | 1.30 |
|                                | 2005(P3) | 1.70 | 0.58 | 2.59 | 0.10 | 1.09 | 0.60 | 0.16 | 0.55 | 0.61 | 0.68 | 1.53 | 0.95 |
|                                | 2006(P4) | 0.25 | 1.63 | 1.36 | 1.44 | 0.11 | 0.60 | 0.36 | 0.36 | 1.17 | 0.81 | 1.84 | 0.75 |

| M_SZ 模型預報 2003 至 2006 年月平均溫度 |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                              |          | JAN  | FEB  | MAR  | APR  | MAY  | JUN  | JUL  | AUG  | SEP  | OCT  | NOV  | DEC  |
| 預報誤差(度)                      | 2003(P1) | 0.65 | 0.78 | 2.07 | 0.38 | 0.67 | 0.45 | 0.93 | 0.26 | 0.47 | 0.15 | 1.14 | 0.19 |
|                              | 2004(P2) | 0.94 | 1.28 | 0.88 | 0.10 | 0.20 | 0.65 | 0.48 | 0.51 | 0.06 | 0.20 | 0.85 | 0.83 |
|                              | 2005(P3) | 1.72 | 1.19 | 2.58 | 0.16 | 1.25 | 0.38 | 0.05 | 0.85 | 0.13 | 0.58 | 1.94 | 1.04 |
|                              | 2006(P4) | 0.86 | 1.07 | 2.20 | 1.20 | 1.22 | 0.60 | 0.72 | 0.34 | 1.54 | 1.22 | 1.84 | 0.92 |

## 6. 小結

在本文中，利用多個單因子場和三個多因子場模型來擬合 1953-2002 年之月平均溫度，然後再預報 2003-2006 年的月平均溫度。根據複相關係數分析，在不同月份中，較佳的預報因子應存在於不同區域的海水溫度場及高度場。但是擬合中表現較好的因子場，用於預報 2003-2006 年氣溫的效果不一定良好。

多因子場模型的引入，原意是希望能同時提高對各月氣溫的擬合及預報能力，單從擬合的層面來說，多因子場模型的確比單因子場模型有明顯的提升，但在預報層面上，不一定有所提升。另外，在多個單因子場模型及三個多因子場模型，經常在 P3 年(2005 年)出現較大的預報誤差，到底是因當年的氣候異常或是這些模型的預報能力有問題，值得吾人繼續探討。另外，何金海等人<sup>(5)</sup>指出，東亞夏季風與太平洋 SSTa 的關係存在著明顯的年代際變化，因此，對不同區域的海水溫度及高度場之取捨，及是否應引入其他的因子及如何考慮氣候系統的年代際變化的作用，應是值得今後繼續探討的方向。

## 參考文獻：

- (1) 澳門單站氣象資料變化趨勢的預報模型之比較 梁嘉靜，陳創賣，周文
- (2) 現代氣候統計診斷與預測技術 氣象出版社 魏鳳英編著
- (3) 氣候統計分析與預報方法 氣象出版社 黃嘉佑編著
- (4) CPT Questions and Answers (<http://columbia.edu/outread/software/cpt/QA.html>)
- (5) 東亞季風與太平洋 SSTA 關係的年代際變化及其機制研究  
何金海 李峰 氣象出版社 ENSO 循環機理和預測研究 p16-p28
- (6) 南方報業網([www.nanfangdaily.com.cn](http://www.nanfangdaily.com.cn))