

# TAMEX期間臺灣附近海域海面溫度之分析

林民生\*  
鄧秀明\*\*

周仲島\*\*  
王建國\*

何台華\*\*\*  
洪景山\*\*

\* 中央氣象局應用氣象組  
\*\* 國立臺灣大學大氣科學研究所  
\*\*\* 中正理工學院應用物理學系

## 摘 要

本文係針對1987年5月至6月期間，研究臺灣附近海域海面溫度（Sea Surface Temperature，簡稱SST）之分布與變化。資料採用日本氣象廳所發布之10日平均海面溫度分布為基礎，配合TAMEX期間臺灣沿岸河口12個定點之海溫觀測報告、臺灣附近海域三艘觀測船、漁船之海溫報告，及P-3飛機上輻射儀所測得到之海面溫度等，經過檢定、偵錯及時間與空間之內填或外延等技術之整合，而重新製作成臺灣附近海域（ $115^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$ ， $20^{\circ} \sim 28^{\circ} \text{N}$ ）旬平均海面溫度之分布。

為了說明資料處理之程序，本文選擇TAMEX期間IOP 9（6月15日）為例子，詳細探討資料之處理及整合過程。結果顯示，經過上述資料整合後，臺灣附近海域旬平均海面溫度之分布，不僅獲得良好之改善，同時對於中尺度對流系統（MCS）生成與發展之潛勢，提供更有意義的參考。

## 一、前 言

海水溫度（Sea Surface Temperature，簡稱SST）之高低代表海面能量之多寡與收支變化。就長時間或氣候觀點而言，SST可影響大氣環流之分布及雨量之重分配；例如Bjerknes（1969）及Krueger and Winston（1974）闡明低緯度東風減弱，造成湧升流停止，導致海水增溫並影響大氣環流，且Walker's環流減弱，西太平洋地區副熱帶激流減弱，間接影響其降雨。此外，秘魯外海之高海水溫度（EL NINO）影響氣候變化，早已為氣象人員所公認。就短時間而言，SST之高低控制當地空氣與海面間熱量、水氣及動量之傳送（Hor et al., 1989；Wu and Wu, 1989），且與氣團變性具有密切關係，同時亦可能提供梅雨季中尺度對流系統（MCS）活躍與否之有力參考指標。

海水溫度之保守性高，因而造成特定地點之天氣特質；如台灣東北部海面黑潮通過區適合台灣低壓之形成，台灣西北部海面之相對低水溫對於中尺度低壓及MCS演化之互動關係有其一定的關聯。

誠然，SST之變化影響深遠，但其準確之度量與廣大洋面資訊之獲取確是氣象人員一向困擾的課題。當今SST分析資料主要來源有二，一為當地觀測（in-situ measurement），另為衛星觀測，並有進一步將二者作混合分析（blended analysis）。至於西太平洋地區及台灣附近海域SST，向來由日本氣象廳發布，係綜合GMS衛星、浮標（buoy）、船舶報告等資料製作而成。中央氣象局近年來亦使用GMS之Advanced Very High Resolution Radiometer（AVHRR）以多頻道海水溫度反演技術法（retrieval method）而求得之表面溫度（skin temperature），當天空無雲時成效良好，在冬季烏魚季節所提供之漁訊上發揮功效頗大。

TAMEX期間P-3飛機觀測亦包含了輻射儀（Radiometer）所導出之海水溫度（Jorgensen et al., 1989），其準確度亦如衛星觀測取決於雲遮量及必要之校正。TAMEX期間所增加之觀測船，加上定期的漁船和沿岸海水溫度觀測（約1公尺內之海水取樣溫度），亦提供了不同型態觀測資料整合的機會。本文將嘗試把這些不同來源

之海水溫度作整合，且作必要之修正與解釋，以充分發揮各種觀測儀器的功能，並作為 P-3 飛機觀測校驗基礎之有意義參考。

## 二、資料來源和資料處理過程

本研究所蒐集之資料，係以 1987 年 5 月及 6 月份（亦即 TAMEX 期間）之海面溫度為主，其資料來源除了採用日本氣象廳所發布之旬平均海面溫度分布以外，尚蒐集了 P-3 飛機上輻射儀所偵測到之海面溫度，以及台灣附近海域之三艘觀測船、十六隻漁船和沿岸十二個定點觀測之海面溫度報告。這些資料先各自經過檢定、偵錯及時間與空間之內插或外延等技術，轉變成在每隔  $0.5^\circ$  之經緯度網格點上，再經過資料之合成，而重新製成台灣附近海域旬平均海面溫度之分布。茲就資料處理過程說明如下：

### (一)日本氣象廳之資料：

從日本氣象廳所發布之旬平均海面溫度分布圖（如圖 1 所示）中，選擇  $20^\circ \sim 28^\circ \text{N}$ 、 $115^\circ \sim 125^\circ \text{E}$  之區域範圍內，每隔  $0.5^\circ$  之經緯度網格點上，讀取海面溫度之資料，以作為原始參考資料。

### (二)P-3 飛機之資料

在 TAMEX 期間，配合密集觀測作業（IOP）之需求，美方支援之 P-3 飛機共參加了十次觀測作業，其觀測時間如表一所示。在其機腹上裝設有輻射儀器，用以接收來自其下方各處（包括海面）傳來之輻射量，從而換算為溫度，以代表飛機機腹正下方之溫度狀態。因此飛機在海面上空實施觀測時，若其下方為無雲區時，則所偵測到的輻射溫度，可以視為海面溫度。由於飛機飛行速度約為 133 公尺/秒，且每隔 1 秒鐘觀測一次，資料太過於密集。另一方面若飛機進入雲雨區，其下方所偵測到的輻射溫度，顯然比未進入雲雨區中所偵測到的代表溫度來得低；又飛行高度愈高，相對地所偵測到的輻射代表溫度愈低。鑑於飛機觀測常有低估 SST 之狀況，因此我們首先在每分鐘之資料中選取其最高之輻射溫度，及其相對應之經緯度資料。其次由於飛機僅在  $26^\circ \text{N}$  以南之台灣附近海域作觀測，在此 5、6 月期間之海面溫度，均高於  $20^\circ \text{C}$  以上，故對於上述每分鐘所得到的輻射溫度，若小於  $20^\circ \text{C}$  者，則捨棄不用。最後將這些資料依照每旬之時

段，填入網格內，同時規定凡是在同旬且在相同網格區域範圍內（以網格點為中心之  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  經緯度為範圍）之輻射溫度，選取其最高者，以彌補 P-3 可能低估 SST 之機率，作為此中心點之溫度數值。如此在各網格點上之溫度數值，吾人即認定為 P-3 飛機在此點所觀測到之旬海面溫度。

### (三)觀測船之資料

如同 P-3 飛機，為了因應 TAMEX 時期密集觀測所需，在台灣附近海域加入海研一號、九華號及漁訓一號等三艘觀測船，負責實施每隔半小時之氣象和水文觀測，其實際觀測海面溫度之日期如表二所示。把這些海面溫度之資料，仿照處理 P-3 飛機資料之方法，按每旬之時段填入網格內，同時規定凡屬同旬之時段，且在相同網格區域內之海面溫度，取其平均數，以作為其在中心點（亦即網格點）之海面溫度。

### (四)漁船觀測之資料

本研究亦蒐集了 1987 年 5、6 月間台灣附近海域 16 艘漁船所觀測的海面溫度資料，由於這些漁船在出海作業時期每日紀錄一次海面溫度，因此共蒐集了 439 個資料。值得注意的是所觀測的位置，並非很準確的用經緯度表示，而是以所謂漁場位置所顯示，每個漁場再細分為 9 區，如圖 2 所示之台灣沿海漁場分布圖。我們首先把在同旬及相同漁區之海溫資料作平均後，再轉換成網格點上的資料。轉換之方法，除了漁場之第 1、3、7、9 區分屬於最靠近它們的網格點外，其餘第 2、4、6、8 區則分屬於最靠近它們的二個網格點，至於第 5 區則屬於最靠近它們的四個網格點。例如在 4543-1 之漁區，則屬於  $23^\circ \text{N}$ ， $121.5^\circ \text{E}$  之網格點；而在 4543-2 之漁區，則適用於  $23^\circ \text{N}$ ， $121.5^\circ \text{E}$  和  $23^\circ \text{N}$ ， $122^\circ \text{E}$  兩個網格點。最後，再把相同網格點上的資料作平均，即為該網格點上的資料。

### (五)台灣沿岸定點之觀測

吾人蒐集台灣沿岸 12 個定點，在 1987 年 5、6 月所觀測之海面溫度資料，此 12 個定點分別為基隆、彭佳嶼、鼻頭角、南方澳、成功、綠島、鵝鑾鼻、琉球、七美、吉貝、竹圍、富貴角等 12 站（另花蓮應有作定點觀測，唯在此期間資料缺），其地理位置亦如圖 2 所示。這些觀測站每月每隔 3 日的上午十時觀測一次，因此每站一月共計十次觀

測。把這些海面溫度資料，按各站各旬先作平均，後再轉換成最靠近該站之網格點資料。其中竹園和小琉球兩站，由於最靠近該站之網格點是在陸上，本應捨棄不用，但由於沿岸定點觀測不多，故保留該值而轉換成最靠近該站之二個在海面上的網格點。最後把相同網格點上的資料平均，即為該網格點上之資料。

### 三、資料之合成和分析比較

我們蒐集了各種不同的海面溫度資料，經過上述之資料處理後，接著就是如何把資料合成較佳的海溫資料。首先，我們針對日本氣象廳、P-3飛機和觀測船之資料加以整合。其方法是採用較為主觀的判斷，即在有觀測船的地方，採用其資料；無觀測船但有飛機資料的地方採用飛機資料，最後利用日本氣象廳所發布海溫圖中之溫度梯度值，外插至沒有觀測船和飛機資料的地方，以保持海溫之連續性。

經過初步資料之合成後，我們可得5月中旬至六月中旬四個時段的台灣附近海域海面溫度之分布（5月上旬及六月下旬此二時段，由於無觀測船及飛機資料故暫不分析），如圖3所示。比較圖3和圖1可知，等溫線趨勢形狀大體上相類似，多為東北—西南走向，且隨著時段往西北方向推移，此點和梅雨鋒面之走向相似。另外，在5月中旬，台灣西部、東北部及東南部沿海一帶之海面溫度均比日本氣象廳所發布的還低約 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}\text{C}$ （圖3a）；下旬則在台灣西南部和東南部沿海一帶低約 $0.5^{\circ}\text{C}$ （圖3b），但在台灣西南方稍遠的海上，比原來的約高 $0.5^{\circ}\text{C}$ 。至於在6月上旬依舊在台灣西部和西南部沿海一帶低約 $0.5^{\circ}\text{C}$ （圖3c）；而在6月中旬時，台灣西部沿海較原來的低約 $0.5^{\circ}\text{C}$ （圖3d），但在東南部之海上，顯然地較原來的高約 $1^{\circ}\text{C}$ ，尤其在 $23^{\circ}\text{N}$ 、 $123^{\circ}\text{E}$ 附近有一高溫極值（高達 $30.2^{\circ}\text{C}$ ）。大體而言，在台灣近海之地區除了6月中旬之東南部海上，海面溫度大多比日本原來發布的低，究其原因一方面可能是由於在1987年5、6月時期，較往年少雲雨，因此使日本作了過多之修正，使得分布值偏高；另一方面則是由於P-3的飛機資料檢定不夠嚴謹，或許引入較低之海溫資料或雲的溫度所致。

除了上述資料之合成外，本研究嘗試以定點觀測站和漁船之資料，對圖3作檢驗。吾人把轉換至網格點上之定點觀測和漁船之資料與圖3相同網格點之值作比較，若定點觀測資料和漁船之資料在相同網格點上時，先取其平均，如此可得四張距平圖如圖4a-d所示，正值表示定點觀測或漁船所觀測之海面溫度偏高。由圖中可知，在5月中旬時（圖4a），在台灣北端、東部和西南部之近海海溫均偏高，極高值出現在南方澳附近，而在桃園附近海域則有一極低值。而在5月下旬時（圖4b），在台灣西南部海域、東南部沿海和澎湖西部海域呈偏高之狀態，極高值在高雄近海一帶，而在鵝鑾鼻東側海域有一極低值。至於6月上旬時（圖4c），除了在彭佳嶼、桃園、高雄附近海域呈正值外，其餘均偏低，極高值在桃園附近海域，而極低值則在鵝鑾鼻東側海域。6月中旬時（圖4d），除了在桃園、綠島和台灣西南部海域有偏高之趨勢外，其餘均偏低。極高值出現在桃園附近海域，極低值則在鵝鑾鼻東側海域。綜合言之，除了在台灣西南部，有明顯偏高，以及在台灣北部和東南部有偏高之趨勢外，其餘地區均偏低，尤其在鵝鑾鼻東側和澎湖附近海域更形明顯。前者大多由鵝鑾鼻之定點觀測所造成，後者則定點觀測和漁船觀測之效應均有，這可從圖5證明之，而圖5為6月中旬12定點和漁船分別對圖3之比較。

### 四、IOP 9之SST個案研究

為了詳細說明SST資料之處理過程及其他P-3資料之配合應用，吾人選擇TAMEX IOP 9（6月15日）為例闡明之。IOP 9為屬於較弱之鋒面過境系統，雨量稀少，但在台灣東部沿海有MCS發展，P-3飛機曾在19時至22時30分間，於不同高度從事南北來回觀測MCS六次。P-3飛機資料每秒一次，首先在每分鐘內選擇最高之海面輻射溫度，並佐以伴隨之氣溫、J-W cloud water 兩項 in-situ 資料，其時間變化情形如圖6所示。此圖顯示兩變數間有很好的相關，即雲滴量愈高，海面輻射溫度愈低。若把圖6之海面溫度隨時間之變化轉換成隨空間之變化，則如圖7a-f所示，分別表示P-3飛機在150、300、450、600、900及1500公尺六層高度

上海面輻射溫度沿著 122.5°E 之緯度變化。圖中顯示，縱有時間之差距，但大體飛機愈高，所觀測之海面溫度愈低，且向南溫度增高之合理現象，顯示受到雲雨之影響很大。此外，從圖 6 和 7 可看出，鋒面在 19 點 33 分左右通過 23°N，122.5°E 之網格點。其後把海面輻射溫度低於 20 °C 者捨去，再選取相同網格點範圍內之最大海面輻射溫度者，即得在此期間網格點之海溫。

至於觀測船部份，適逢海研一號返港，6 月 15 日只有漁訓一號和九華號作定點觀測，其位置分別為 24.35°N、122.5°E 及 21.7°N、119.4°E。其海面溫度之時間變化圖分別如圖 8 a - b 所示。圖 8 a 知鋒面在上午 8 時通過漁訓一號，而圖 8 b 由於未受鋒面波及，尚可分辨海面溫度之日變化，海面溫度在 19 時達最高，在凌晨 2 時左右達最低。

## 五、討論和結論

本研究嘗試將 TAMEX 期間之 P-3 飛機、定點觀測船、漁船報告、台灣沿岸定點觀測之海面溫度 (SST) 與日本氣象廳所發布之旬平均海面水溫作時間和空間之整合，並以 IOP 9 (6 月 15 日) 為例作資料處理過程之說明。雖然衛星觀測 (日本氣象廳發布之主體) 與 P-3 觀測之輻射儀器精密，但此種被動式 (passive) 傳播能量方式常受困於雲之存在，偶有誤將雲頂溫度代表海面之溫度之可能 (Reynolds, 1988)，意即低估海溫，因此必須在偵錯、修正過程中仔細檢查之，或作人為之必要取捨 (如本文之捨棄低於 20 °C 者) 或更正 (輔以氣候值)。另一方面而言，觀測船或沿岸定點觀測乃淘取海水之直接量度法，基本上已有別於輻射儀之表面溫度 (skin temperature)，倘若加上部份人為觀測水準之參差，水溫日變化，誤差值可能達 1 °C 以上。何況，將不同來源之 SST 經過時間和空間之合成處理，累積之誤差是否抵消或放大有賴進一步分析。

本研究在 SST 資料整合之技巧上提供一種嘗試，不但可作為 P-3 飛機資料校驗之基礎，對於日後國內擴充 P-3 偵測飛機、海上浮標或海洋觀測系統之建置提供甚有意義的參考。若資料更齊全，可仿照 Reynolds (1988) 之動力制約法 (

dynamic constrain) 以消去誤差偏失 (bias)。

本研究之初步結論發現，僅以 P-3 飛機和三艘定點海洋觀測船與日本氣象廳之旬平均海面溫度作合成時，發現台灣近海地區，大部份時間之海面溫度皆比日本氣象廳發布者偏低 0.5 ~ 1 °C。究其原因，一方面可能 P-3 飛機資料之檢定尚不夠嚴謹而引入較低之海溫或低雲溫度；另一方面 TAMEX 期間較往常少雲雨，亦有可能日本氣象廳作了過多之氣象訂正所致，值得進一步研究。至於定點沿岸觀測和漁船之資料整合顯示，台灣西南部、北部和東南部均有偏高 1 °C 左右之趨勢，其餘海域則偏低，基本上其觀測值約介於 P-3 與日本氣象廳發布者間。此種距平值分布可支持我們對於 P-3 觀測值低估之推斷，同時也可相信這些定點和漁船觀測 SST 值之可採信。無論如何，SST 資料之整合與應用勢必走向更客觀更多個案研究之領域，以發揮不同觀測相輔相成之功效。

## 致 謝

本研究承蒙國科會所支援之「P-3 飛機資料處理與分析」研究計畫 (NSC-78--0202-M002-25) 及其電腦 (HP 9000/835 S) 之使用得以完成 P-3 飛機資料之處理與應用，部份資料亦獲自中央氣象局所支持之「非傳統氣象觀測資料在豪雨預報研究上的應用(-)」(CWB79-01-03) 計畫，特此一并申謝。部份漁船及沿岸定點觀測則有賴台灣省水產試驗所之供應，在此深表謝意。

## 參考文獻

- Bjerkens, J., 1969: Atmospheric teleconnection from equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 97, 163-172.
- Hor, T.-H., M.-H. Chang, and B. J.-D. Jou, 1989: Comparison of the Composite Mesoscale Dynamic Fields in Convective Cloud Bands during the TAMEX, SMONEX and GATE Experiments. TAMEX Workshop, June 22-30, Taipei, Taiwan, 30-34.

Jorgensen, D., et al., 1989: TAMEX P-3 and Doppler radar workshop. Volume 1, June 22-30, Taipei, Taiwan.

Reynolds, R. W., 1988: A real-time global sea surface temperature analysis. J. of Climate, 1, 75-86.

Kruger, A. F. and J. A. Winston; 1975: Large-scale circulation anomalies over the tropics during 1971-72. Mon. Wea. Rev., 103, 465-473.

Wu, M.-C., and K.-D. Wu, 1989: An investigation of air-sea interaction during the TAMEX. TAMEX Workshop, June 22-30, Taipei, Taiwan, 226-231.

表一 WP-3D 飛行任務時間 ( GMT ) 及時數

TOP #	P-3 任務 #	時 間	時 數
1	1	1987/05/13 17:38:01 ~ 1987/05/13 24:08:00	6:30
2	2	1987/05/16 13:01:01 ~ 1987/05/16 21:46:00	8:45
3a	3	1987/05/21 12:01:01 ~ 1987/05/21 22:18:00	10:17
3b	4	1987/05/22 13:22:01 ~ 1987/05/22 21:25:00	8:03
4	無		
5	5	1987/06/01 12:10:01 ~ 1987/06/01 19:27:00	7:17
6	無		
7	6	1987/06/05 11:45:01 ~ 1987/06/05 19:19:00	7:34
8	無		
9	7	1987/06/15 09:02:11 ~ 1987/06/15 17:47:00	8:45
10a	8	1987/06/16 12:05:01 ~ 1987/06/16 19:59:00	7:54
10b	9	1987/06/17 11:04:01 ~ 1987/06/17 18:46:00	7:42
11	10	1987/06/20 03:36:01 ~ 1987/06/20 12:15:00	8:39
12	無		
13	無		
總共飛行時數			81:26

表二 TAMEX 期間 ( 1987 年 ) , 台灣附近海域觀測船實際觀測海面溫度之時間 ( 中原時間 )

時間 航次	海 研 一 號	漁 訓 一 號	九 華 號
第一航次	05月10日13時00分 /	05月15日01時00分 /	05月14日08時00分 /
	05月18日12時30分	05月22日10時30分	05月29日22時30分
第二航次	05月21日14時00分 /	05月23日18時00分 /	06月04日00時00分 /
	05月28日15時00分	05月27日04時00分	06月15日22時30分
第三航次	06月01日13時00分 /	05月31日08時00分 /	無
	06月18日01時00分	06月07日21時00分	
第四航次	06月13日01時00分 /	06月10日01時00分 /	
	06月13日07時00分	06月15日19時30分	
第五航次	06月17日16時30分 /	無	
	06月18日05時00分		

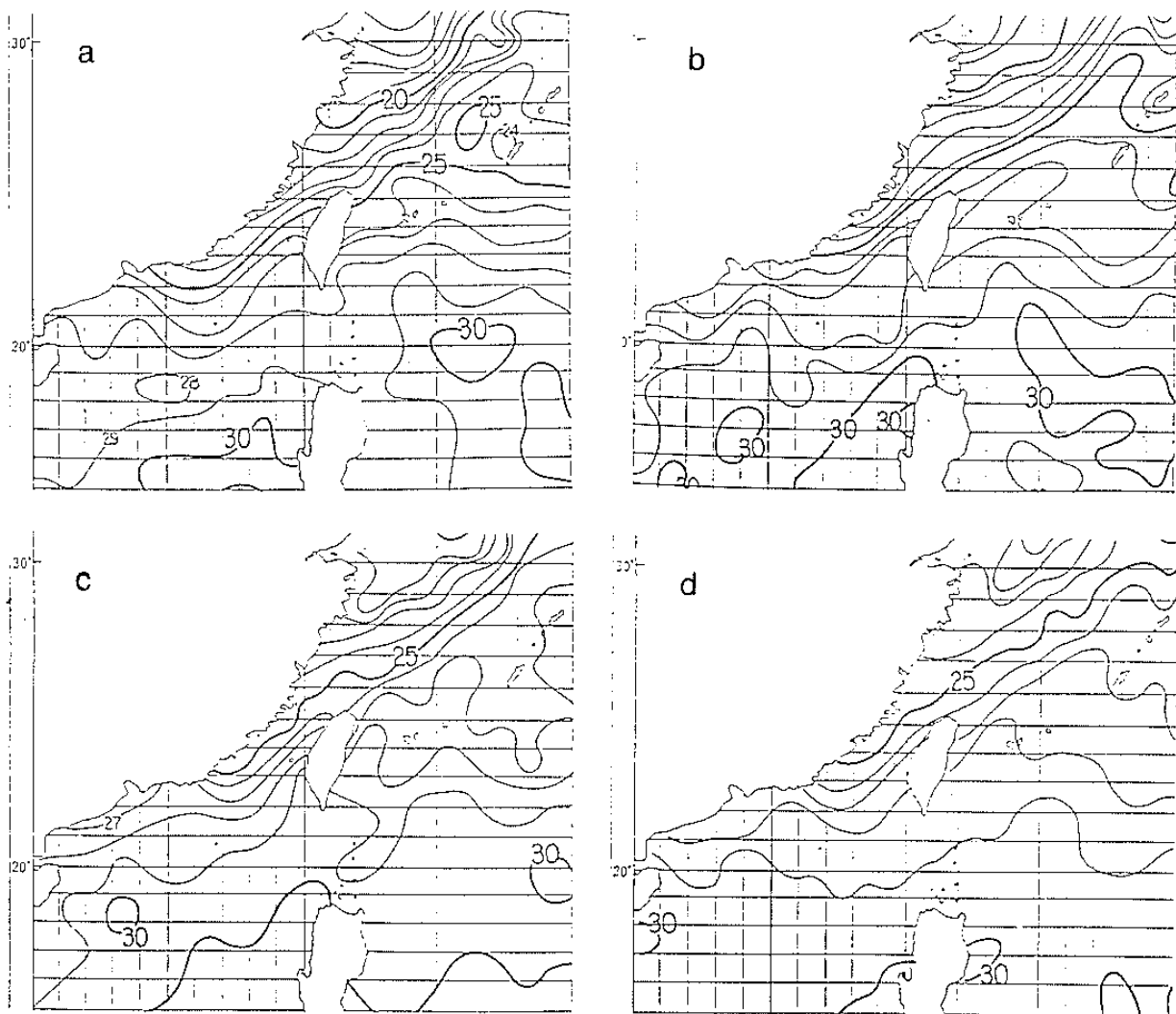


圖 1. 日本氣象廳於 1987 年 (a) 5 月中旬 (b) 5 月下旬 (c) 6 月上旬 (d) 6 月中旬所發布之旬平均海面溫度分布圖，等值線間隔為 1°C。

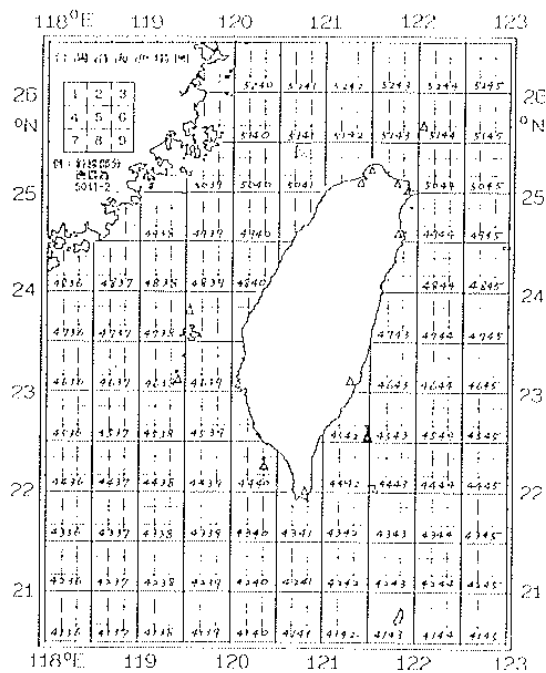


圖 2. 台灣沿海漁場及定點觀測站之分布圖（取自台灣省水產試驗所），“△”表定點觀測站之地理位置。

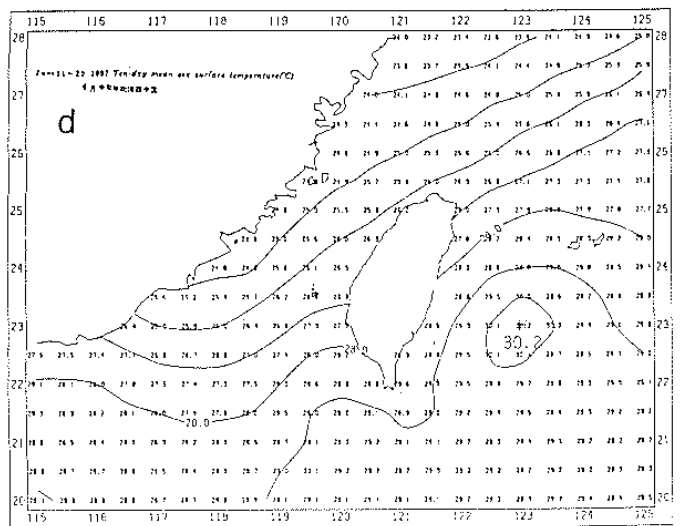
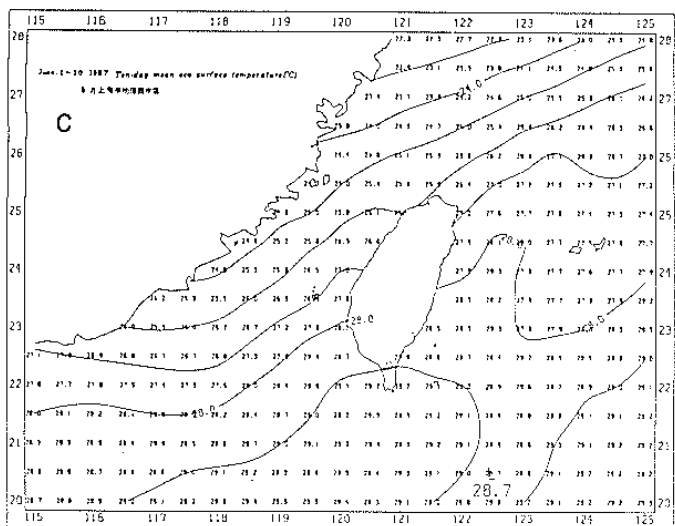
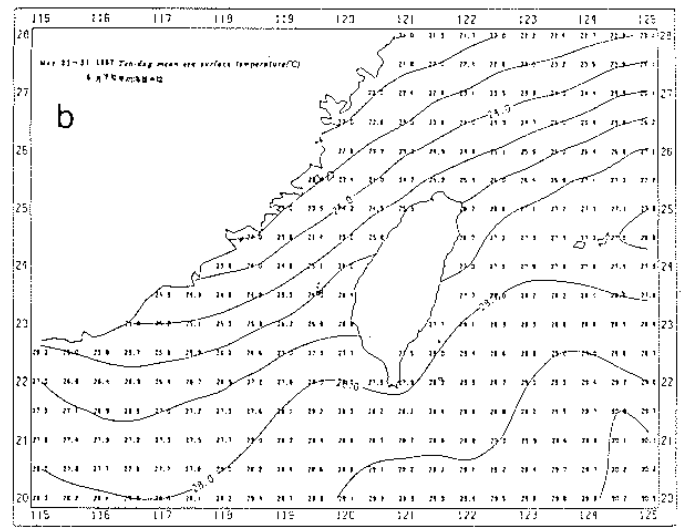
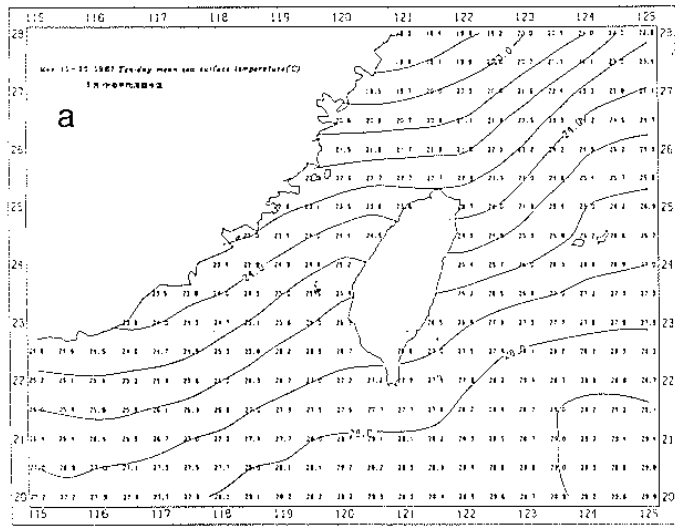


圖 3. 台灣附近海域於 1987 (a) 5 月中旬 (b) 5 月下旬 (c) 6 月上旬 (d) 6 月下旬之旬平均海面溫度分布圖，等值線間隔為 1°C。

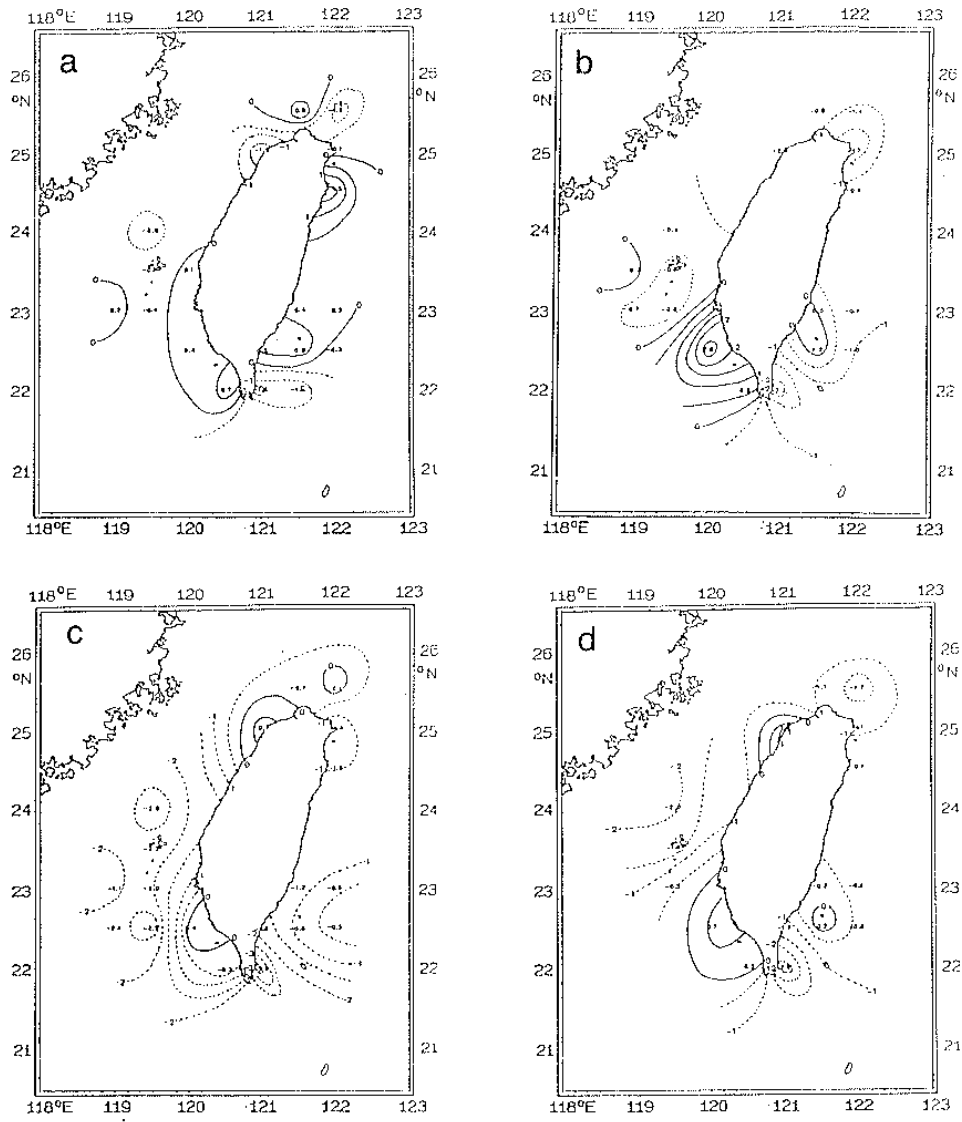


圖 4.台灣附近海域漁船和定點觀測站資料合成後，於 1987 年(a) 5 月中旬(b) 5 月下旬(c) 6 月上旬(d) 6 月中旬之旬平均海面溫度距平圖，等值線間隔為 0.5 °C。

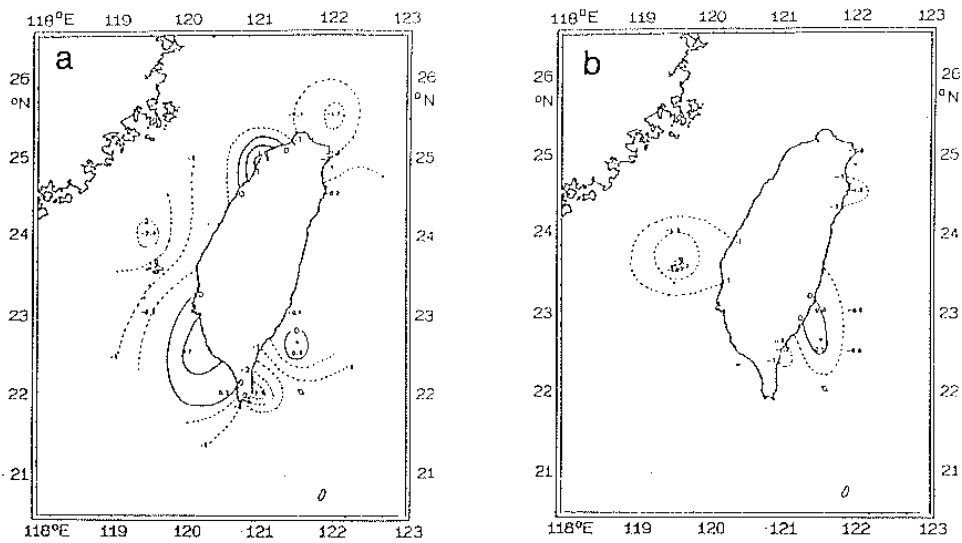


圖 5.台灣附近海域於 1987 年 6 月中旬分別在(a)定點觀測站(b)漁船之旬平均海面溫度距平圖。



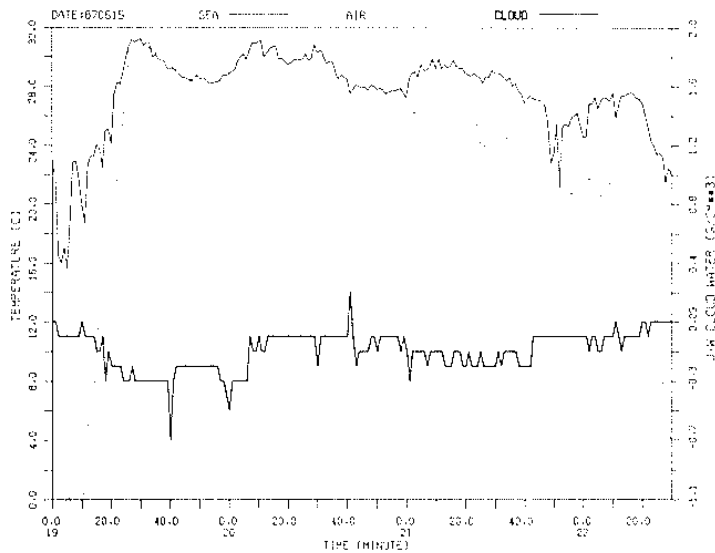


圖 6. P-3 飛機於 1987 年 6 月 15 日，所觀測到每分鐘最高之海面輻射溫度（實線）及其氣溫（點線）、J-W cloud water（粗實線）隨時間之變化圖，時間採用中原標準時間。

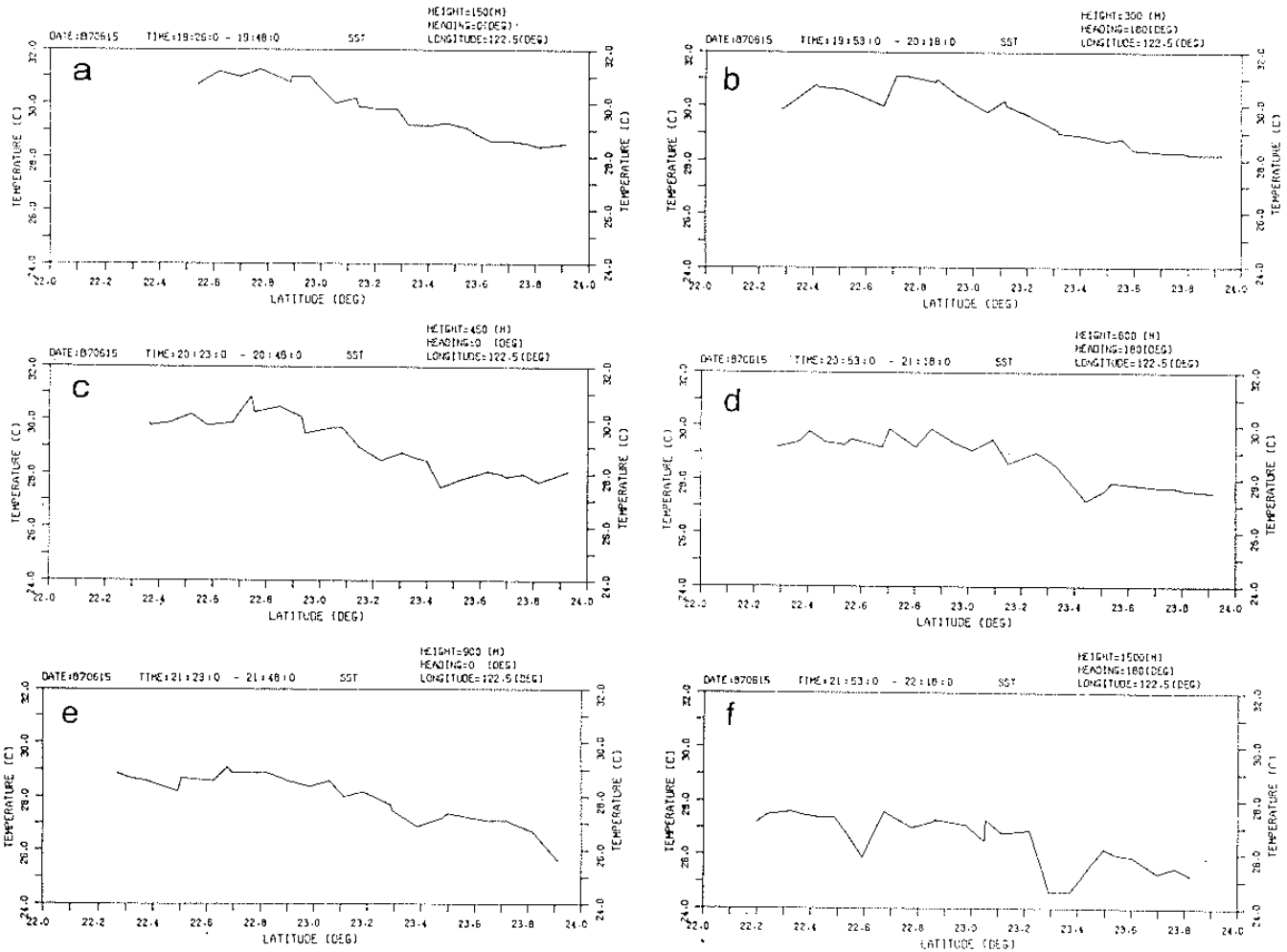


圖 7. P-3 飛機於 1987 年 6 月 15 日，在(a) 17 點 26 分至 19 點 48 分(b) 19 點 53 分至 20 點 18 分(c) 20 點 23 分至 20 點 48 分(d) 20 點 53 分至 21 點 18 分(e) 21 點 23 分至 21 點 48 分(f) 21 點 53 分至 22 點 18 分（中原時間），所觀測到每分鐘最高之海面輻射溫度隨緯度之變化圖。

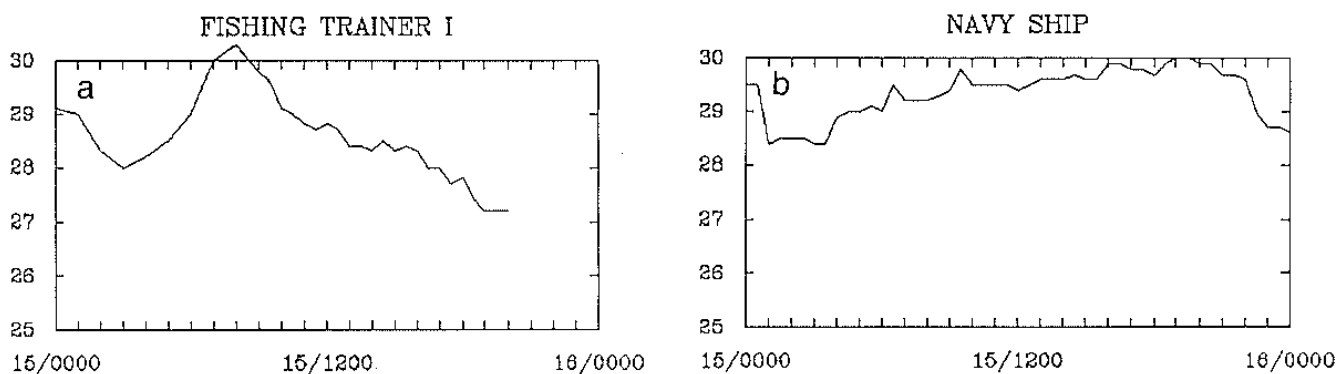


圖 8. 1987 年 6 月 15 日 (a) 漁訓一號 (b) 九華號 所觀測之海面溫度隨時間之變化圖 (中原時間)。

## Sea Surface Temperature Analysis in the Vicinity of Taiwan during the TAMEX Period

Ming-Sen Lin\*, Ben Jong-Dao Jou\*\*, Tai-Hwa Hor\*\*\*, Shiung-Ming Deng\*\*,  
Jeng-Kao Wang\*, and Jing-Shan Hong\*\*

\* Applied Meteorology Division, Central Weather Bureau

\*\* Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

\*\*\* Department of Applied Physics, Chung Cheng Institute of Technology

### ABSTRACT

The purpose of the paper is to reconstruct the distribution of sea surface temperature (SST) around Taiwan island during the TAMEX period by using ten-day mean sea surface temperature published by the Japan Meteorological Agency, SST observed by diffusive radiometer installed on NOAA P-3 aircraft, 3 ocean research vessels, fishing boats, and 13 in-situ river-delta observations taken from Institute of Fishery. After detailed debugging and validation, we blend all the above-mentioned data set to construct 4 ten-day mean SST maps (since May 11, 1987-June 20, 1987) over the domain of 20-28° N and 115-125° E.

In order to demonstrate the detailed procedure of data processing and blending technique, we choose the case of TAMEX IOP 9 (15 June) as an example. The results show that the blended SST does improve the data quality and provide a better reference for determining the formation and evolution of mesoscale convective system around Taiwan area.