

非傳統氣象觀測資料在豪雨預報研究上的應用： P — 3 飛機觀測之海面溫度分析

周仲島

國立台灣大學大氣科學研究所

林民生

中央氣象局科技中心

何台華

中正理工學院應物系

鄧秀明
洪景山

國立台灣大學

王建國
張茂興

中央氣象局

摘 要

本報告係針對1987年5月至6月期間，台灣附近海域海面溫度 (Sea Surface Temperature, 簡稱 SST) 之分布與變化，進行分析研究。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期間台灣沿岸河山17個定點之海溫觀測報、台灣附近海域三艘觀測船、漁船之海溫報告，及美國海洋大氣總署(NOAA)於TAMEX期間支援之P-3飛機上輻射儀所測得之海面溫度等，經過檢定、偵錯及間隔空間之內插及外延等技術之整合，而重新製作成台灣附近海域 (115° ~ 125° E、20° ~ 28° N) (每10日) 平均海面溫度之分布。結果顯示在台灣近海地區除了6月中旬東南方海上，整合分析結果皆較日本提供衛星合成之海面溫度為低其原因可能是由於P-3飛機資料大部份採樣時間皆在雲內，因此在海溫的觀測上受雲的影響，使輻射儀之計量偏低。

為了說明資料處理之程序，本報告同時選擇TAMEX期間IDF 9(6月15日)為例子，詳細探討資料之處理及整合過程。此研究成果所提供之台灣附近海域旬平均海面溫度之分布，對於海峽地區及台灣近海範圍中尺度對流系統(MCS)之生成與發展的潛勢，將提供重要的參考。

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 環流減弱，西太平洋地區副熱帶微流減弱，間接影響其降雨。此次，秘魯外海之高海水溫度 (EL NIÑO) 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盤、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，同時亦可提供梅雨季中尺度對流系統 (MCS) 發展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度對於中尺度低壓及 MCS 演化之互動關係似亦有部份的關聯。

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)、船艙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) 以多頻海水溫度反演技術法 (retrieval method) 而求得海面之海水表面溫度 (skin temperature)。此種方法當天空無雲時成效良好，在冬季為魚季節所提供之漁訊上發揮功效頗大。

TANEX 期間 P-3 飛機觀測亦含了輻射儀 (Radiometer) 所尋出之海水溫度 (Jorgensen et al., 1989)。其準確度亦知衛星觀測取決於雲遮量及必要之校正。TANEX 期間所增加之觀測站，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)，亦提供了不同類型觀測資料整合的機會。本報告嘗試把這些不同來源之海水溫度資料作整合，且進行必要之修正與解釋，以充分發揮各種觀測儀器的功能，其結果並可作為衛星觀測校驗之參考。

二、資料來源與處理

本研究蒐集之資料，係以 1987 年 5 月及 6 月份 (亦即 TANEX 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、十六艘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查、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° 之經緯度網格點上，再經過資料之合作，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 2 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° 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 TANEX 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，用以接收來自其下方各處 (包括海面) 傳來之輻射量，從而換為溫度，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°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°C 以上，故對於上述每分鐘所得到的輻射溫度，若小於 20°C 者，則捨棄不用。最後將這些資料依每旬之時段，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 的機率，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 TANEX 時期密集觀測所需，在台灣附近海域加入海研一號、九華號及漁測一號等三艘觀測船，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 2 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，由於這些漁船在出漁作業時每日記錄一次海面溫度，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來顯示，每個漁場再相分為 9 區，如圖 2 所示之台灣沿海漁場分布圖。我們首先在旬及旬間漁區之海區區分海溫資料作平均後，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 的漁區，則屬於 23°N 、 121.5°E 和 23°N 、 122°E 兩個網格點。最後，再把網格點上的資料作平均，即為該網格點上的資料。

(五) 台灣沿海定點之觀測

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 (另花蓮區亦有作定點觀測，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，按各站各旬先成平均，後再轉換成最靠近該站之網格點是在陸上，本部捨棄不用，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、資料之合成與分析

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，接著就是把資料合成為較佳的海溫資料。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。

經過初步資料之合作後，我們可得 5 月中旬至六月中旬四個時段的台灣附近海域面溫度之分布（5 月上旬及 6 月下旬二時段），由於無觀測船及飛機資料故暫不分析，如圖 3 所示。此較圖 3 和圖 1 可知，等溫線趨勢形狀大體相類似，多為東北—西南走向，且隨著時段往西北方向推移。等溫線之走向和降雨鋒面之走向非常相似。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°C (圖 3b)，但在台灣西南方稍遠的海上，比日本的約高 0.5°C 。至於在 6 月上旬時，台灣西部沿海較日本的低約 0.5°C (圖 3d)，但在東南部之海上，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 的飛機資料大部份採樣時間皆在雲內，因此在海溫的觀測上受雲的影響，使輻射儀之計量偏低。

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)，在台灣的西南部海域、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)，除了在蘇澳、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、綠島和台灣西南部落域有偏高之趨勢外，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 為六月中旬 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 資料之處運理過程及其他 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 為屬於較弱之過境鋒面系統，時雨量稀少。P-3 飛機曾在 19 時至 22 時 30 分間，針

對台灣東部海面之鋒面帶對不同高度從事南北來回觀測六次。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，即氣溫愈高，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-c 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 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要分別如圖 8a-b 所示。圖 8a 知鋒面在上午 8 時通過漁訓一號，而圖 8b 由於未受鋒面波及，尚可分辨海面溫之日變化，海面溫度在 19 時達最高，在凌晨 2 時左右達最低。

五、討論與結論

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溫度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。點對點量觀測 (日本氣象廳發布之主體) 與 P-3 飛機之輻射儀觀測此甚精密，但此種被動式 (passive) 遠測觀測方法常受雲之存在，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，觀測船或沿岸定點觀測乃由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作處理，累積之誤差是否抵消或於大，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，不但可作為衛星觀測資料校驗之基礎，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其有意義的參考。若資料更齊，可仿照 Reynolds (1988) 之動力制約法 (dynamic constraint method) 以消除誤差偏失 (bias)。

本研究之初步結果發現，僅以 P-3 飛機和三個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，大部份時之海面溫度皆比日本氣象廳發布者偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。究其原因，一方面可能 P-3 飛機資料可能採樣大都在雲內，而引入較低之氣溫或雲頂溫度；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。至於定點沿岸觀測和漁船之資料整合顯示，台灣西南部、北部和東南部均有有偏高1℃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觀測值低估之判斷，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「P-3飛機資料處理分析(二)」專題研究計劃(NSC-79-0202-M002-34)提供部份經費支援及台大「P-3資料研究室」提供之電腦設備使用，得以順利完成 P-3飛機資料之處理，等此致謝。部份漁船及沿岸定點觀測由台灣水產試驗所提供，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.

Krueger, 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.

Jorgensen 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.

表一 WP-3D飛行任務時間(GMT)及時數

ID #	P-3任務 #	時	數	時數	
1	1	1987/05/13 17:38:00	~	1987/05/13 24:00:00	6:30
2	2	1987/05/14 13:01:00	~	1987/05/16 23:45:00	8:45
2a	2	1987/05/21 22:01:00	~	1987/05/21 22:15:00	10:17
2b	4	1987/05/22 13:23:00	~	1987/05/22 21:25:00	8:03
4	無				
5	5	1987/05/01 12:10:00	~	1987/05/01 19:27:00	7:17
6	無				
7	6	1987/05/05 11:45:00	~	1987/05/05 20:19:00	7:34
8	無				
9	7	1987/05/15 09:02:00	~	1987/05/15 17:47:00	8:45
10a	8	1987/05/16 12:05:00	~	1987/05/16 19:59:00	7:54
10b	9	1987/05/17 11:04:00	~	1987/05/17 18:45:00	7:42
11	10	1987/05/20 03:36:00	~	1987/05/20 12:15:00	8:39
12	無				
13	無				
飛行任務總數					81:56

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)

日期	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
05月10日	12時15分	05月15日	11時00分	05月14日	00時00分
05月18日	12時20分	05月22日	09時30分	05月29日	22時30分
05月21日	14時00分	05月23日	18時00分	06月04日	06時00分
05月26日	15時00分	05月27日	04時00分	06月15日	22時30分
06月01日	13時00分	06月21日	08時00分	無	
06月18日	01時00分	06月27日	23時00分		
06月13日	01時00分	06月10日	01時00分		
06月13日	03時00分	06月15日	15時30分		
06月17日	16時30分	無			
06月18日	03時00分				

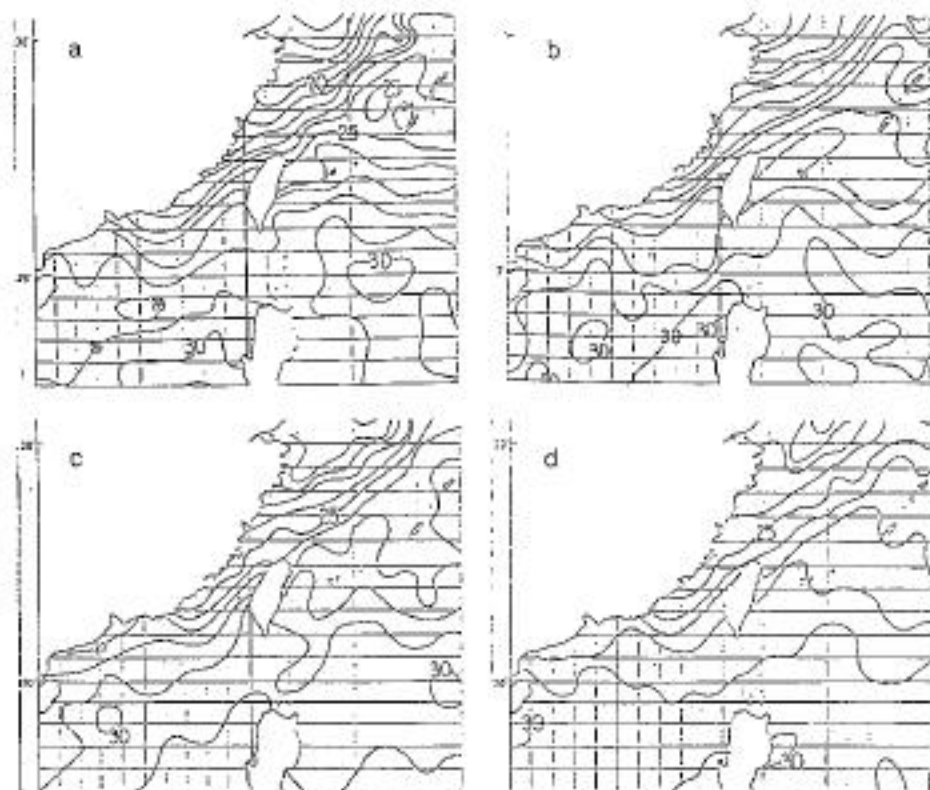


圖 1. 日本氣象廳於 1987 年 (a) 5 月中旬 (b) 5 月下旬 (c) 6 月上旬 (d) 6 月中旬所發布之平均海面溫度分布圖。等值線間隔為 1°C。



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。

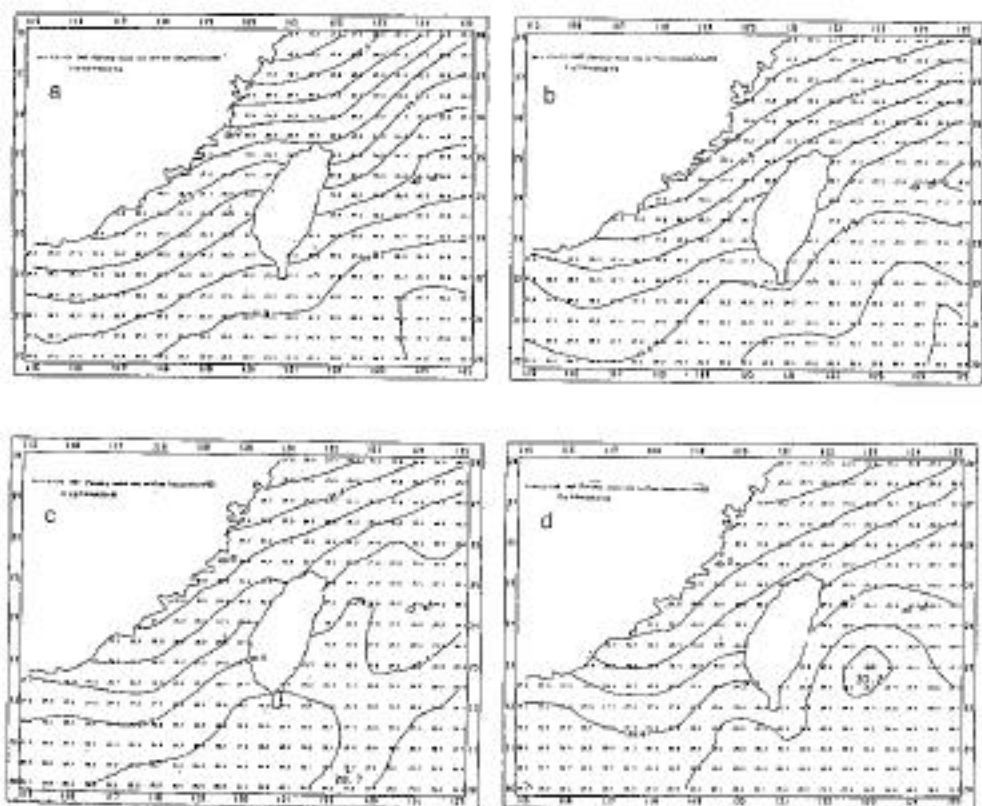


圖 1 台灣附近海域於 1987 年 5 月中旬到 5 月下旬到 6 月上旬到 6 月中旬之旬平均海面溫度分布圖，等溫線間隔為 1°C。

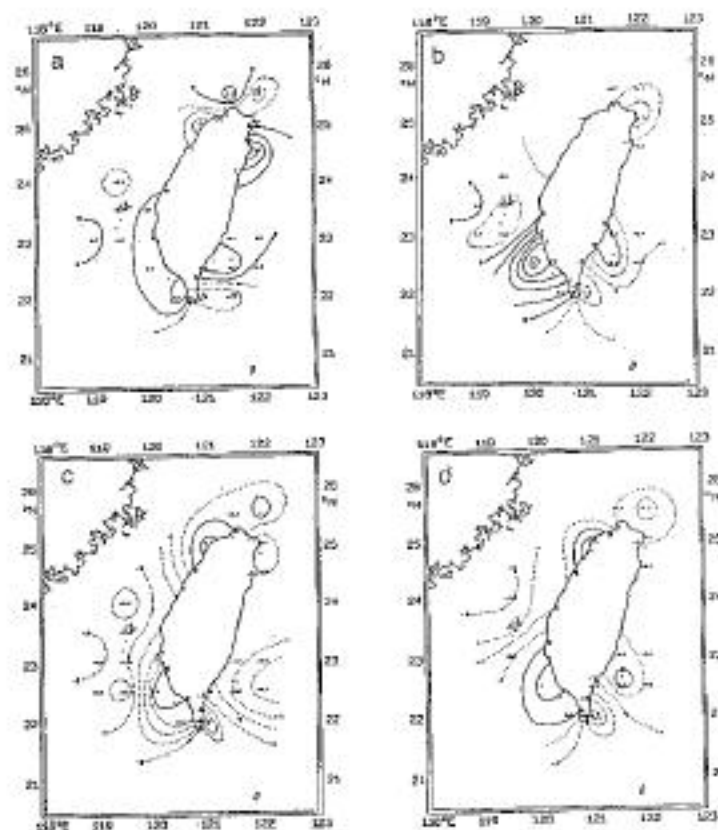


圖4台灣附近海域熱和定點觀測站資料合成後，於1987年(a)5月中旬(b)5月下旬(c)6月上旬(d)6月中旬之旬平均海面溫度距平圖，等值線間隔為 0.5°C 。

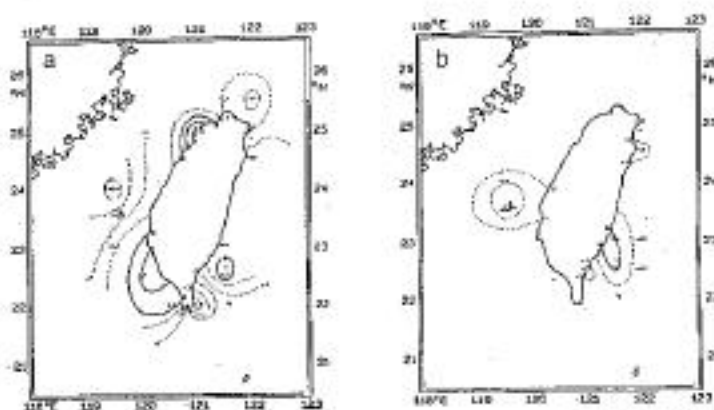


圖5台灣附近海域於1987年6月中旬分別在(a)定點觀測站與熱和之旬平均海面溫度距平圖。

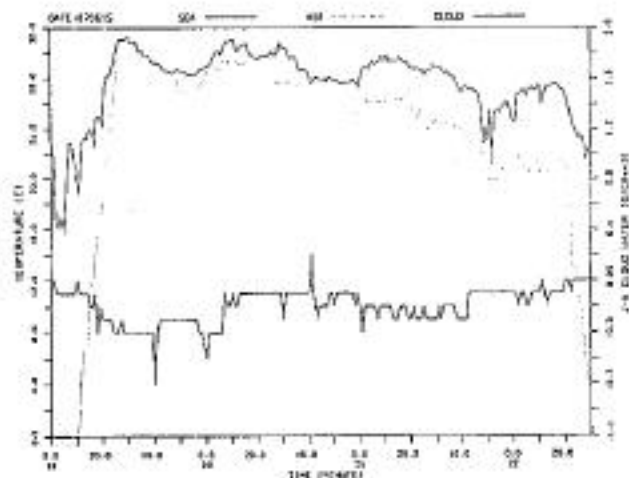


圖 6. P-3 飛機於 1987 年 6 月 15 日，所載測到每分鐘最高之海面輻射溫度（實線）及其氣溫（點線）、J-W cloud water（粗實線）隨時間之變化圖，時間採用中原標準時間。

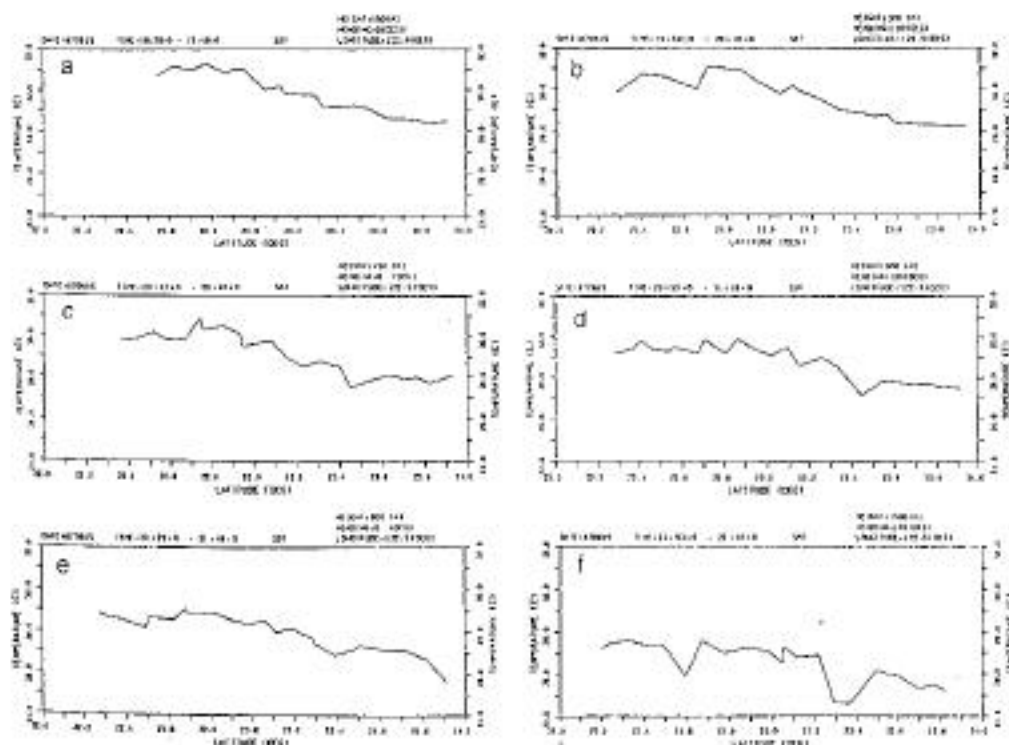


圖 7. P-3 飛機於 1987 年 6 月 15 日，在 01 17 點 26 分至 19 點 48 分(01 19 點 53 分至 20 點 18 分) 01 20 點 23 分至 20 點 48 分(01 20 點 53 分至 21 點 18 分) 01 21 點 23 分至 21 點 48 分(01 21 點 53 分至 22 點 18 分) (中原時間)，所載測到每分鐘最高之海面輻射溫度及雲量隨緯度之變化圖。

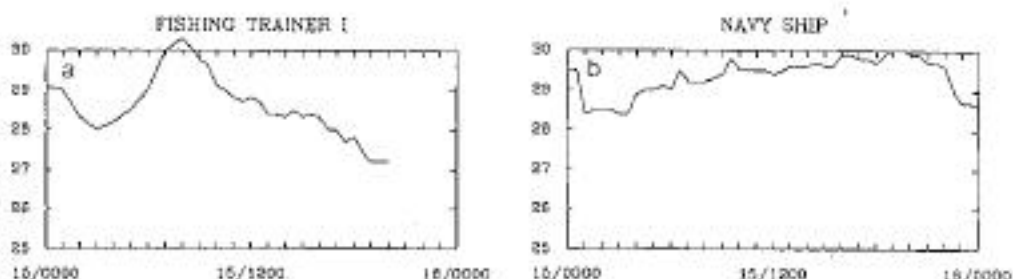


圖 8. 1987 年 6 月 15 日(中)漁訓一號(以)九軍號所觀測之海面溫度隨時間之變化圖(中標時間)。

AIRCRAFT MEASUREMENT AND ITS APPLICATION

ON HEAVY RAINFALL RESEARCH:

SEA SURFACE TEMPERATURE AND THE BLENDED TECHNIQUE

Ben Jong-Dao Jou

Department of Atmospheric Sciences

National Taiwan University

Taipei, Taiwan R.O.C.

ABSTRACT

In this study, the distribution of sea surface temperature (SST) around Taiwan island over the domain of 20-28° N and 115-125° E during the TAMEX period is reconstructed by using ten-day mean sea surface temperature published by the Japan Meteorological Agency, 3 ocean research vessels, fishing boats, 13 in-situ river-delta observations taken from Institute of Fishery, and SST observed by diffusive radiometer installed on NOAA P-3 aircraft.

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