

# 清泉崗機場低雲幕預警策略之應用研究

林博雄 1、戴志輝 1、林得恩 2、林裕豐 2

1 國立臺灣大學大氣資源與災害研究中心

2 空軍氣象聯隊

## 摘要

邊界層內的低雲幕現象並不是容易解決的預報問題，除持續發展數值模擬技術之外，建立可行的即時預警機制有其必要。臺灣大學大氣資源與災害研究中心，於民國 103 年接受「國防科技學術合作計畫」委託，執行清泉崗機場低雲幕即時預警機制的應用研究。

在距離清泉崗機場北方 20 公里的苑裡漁港及西方 12 公里的臺中港，使用雲幕儀進行連續前置觀測。前置觀測對清泉崗機場低雲幕預警有顯著效果的代表性個案共 6 天 9 次，其背景天氣系統包括臺灣低壓及鋒生、低層風切伴隨華南雲帶、高壓迴流、鋒面通過、梅雨鋒面上的局部對流、梅雨鋒面後緣零星對流及梅雨鋒面的組織性對流系統等；大致上而言，前置雲幕觀測可提供清泉崗機場 30~50 分鐘的預警時間。

**關鍵詞：**低雲幕、前置觀測、預警時間

## 一、前言

清泉崗機場是臺灣中部目前唯一的兩岸直航機場，也是臺灣空防重要基地之一；該機場位居臺地(圖一)的特殊地理環境，使得每年入冬至隔年春季期間，清泉崗機場的雲幕(ceiling)高度，相較於其他西部沿海機場，往往特別容易出現劇烈變化，不但對飛行操作造成干擾，也是飛航安全的潛在威脅之一。空軍氣象聯隊曾針對此議題多次進行研析(Yu, 1980；任等, 2011；任等, 2012)，類似現象在飛行經驗中也一再被提出(宋, 2009)。低雲幕是局部的邊界層現象，並不是容易解決的預報問題，在數值預報模式及計算資源的持續發展下，未來也許有機會找到不錯的解決方案，但無論如何，與飛航天氣相關的氣象參數變化，並不容易直接從數值

模式結果中被解讀清楚，並落實在預報決策中。因此，在繼續發展數值模擬技術之外，設法透過各種觀測手段(林, 2009、2012、2012、2013)，並運用於建立可行的即時預警機制，仍然是有其必要性的；本研究即是以實作應用為導向，透過「國防科技學術合作」需求所衍生出的構想。

## 二、研究方法

清泉崗機場的海拔高度，使得自四週移入的雲層，很容易在機場內形成足以達到關場標準的低雲幕甚至是低能見度；對於這類中小尺度的天氣過程，現行數值模式顯然仍力有未逮，空軍雖然已於近年投資更新 AWOS 系統，但仍然以加密跑道觀測數據為主要目標，因此，本研究主要的構想，是於機場離岸方向盡量延伸雲幕觀測，並以前置觀測所

得數據，與機場內觀測相比較，以利找出(1)有效的前置觀測地點及(2)前置觀測對機場的預警時間。

研究採用 Vaisala CL31 雲幕儀(以下簡稱 CL31)，進行兩處相對於清泉崗機場之雲幕前置觀測；計畫第一季期間自 2 月 9 日起到 3 月 18 日止，前置觀測地點選定在機場北方 20km 處，苑裡漁港漁會大樓旁臨海的觀海樓二樓屋頂(圖一黑色圓圈，以下簡稱苑港)，理由是冷季大氣穩定，但伴隨冷高壓的氣流，經過高海溫區域再繞流進入臺灣海峽中部後，西北來向的向岸風流場可能造成清泉崗機場低雲幕；第二季期間自 4 月 22 日起到 6 月 23 日止，前置觀測地點為清泉崗機場西方 12 km 處，臺中港中油公司天然氣(LNG)廠員工餐廳二樓屋頂(圖一白色圓圈，以下簡稱臺中港)，理由則是梅雨季天氣系統多半由臺灣海峽自西向東進入臺灣陸地，西南氣流帶入潮濕水氣圍壟罩清泉崗機場，沿海所出現的天氣現象可作為內陸機場的參考。兩季的雲幕觀測均為 10 秒間距連續採樣。此外，本計畫為進行個案的觀測資料與天氣系統比對，分別向空軍氣象聯隊取得清泉崗機場的兩組 AWOS 觀測資料、向中央氣象局取得個案時間前後的天氣圖、表、地面觀測記錄、雷達及衛星影像，並自美國國家海洋大氣局物理科學部(NOAA/PSD)網站(<http://www.esr.noaa.gov/psd/data/composites/hour/>)，下載美國國家環境預報中心(NCEP)的再分析(re-analysis)天氣圖。

表一綜整了計畫觀測期間，分別於苑港—清泉崗及臺中港—清泉崗兩地間，同時發生低雲幕現象的代表性日期與時段。其中前置地點的觀測雲幕高度，顯著提前於清泉崗機場發生的個案，在苑港—清泉崗兩地間，分別是 3 月 4 日 06:40~08:40(圖二)、3 月 4 日 14:00~16:00(圖三)、3 月 4 日 21:30~23:30(圖四)、3 月 6 日 04:00~06:00(圖五)、3 月 11 日

12:00~14:30(圖六)以及 3 月 13 日 16:00~18:00(圖七)；在臺中港—清泉崗兩地間，分別為 5 月 27 日 17:30~19:15(圖八)、6 月 3 日 17:15~20:00(圖九)以及 6 月 3 日 16:30~18:00(圖十)，這些都是前置地點的觀測資料，可有效預警清泉崗機場低雲幕的個案，值得分析其綜觀天氣特徵。

由於低雲幕現象是近地面過程，因此天氣圖的討論皆以 1000 hPa 為主，必要時才增加其他資料的輔助說明。分析天氣圖之目的，是為了瞭解有機會產生低雲幕並能透過前置觀測策略、成功地對清泉崗機場提出預警的綜觀天氣環境，以利實作之參考；至於詳細的個案成因，並未包含在本文的探討範圍。

### 三、 個案時機與天氣系統相關性

#### (一) 3 月 4 日 06:40~08:40

個案出現前約 5 小時，即 3 月 4 日 02 時，高度場(圖十 a)及風場(圖十 b)顯示高壓迴流影響，臺灣附近風力微弱；等高線及等溫線分布顯示，琉球群島海域為相對低壓及高溫區(圖十 c)，溫度梯度位於臺灣至廣東沿海；偏東風同時應對臺灣引進微弱暖平流；相對濕度於華南高於 95 %、臺灣則低於 85 %(圖十 d)。3 月 3 日 20 時的高度場、風場及氣溫較接近東北季風型態，臺灣附近相對濕度則略高於個案出現前；個案時間前後，新竹至臺中地面風以微弱偏北風為主，無明顯向岸分量。相隔 6 小時的天氣圖，顯示大氣環境正由東北季風逐漸過渡為高壓迴流，最值得觀察的轉變，是在海氣通量高值區域氣旋生成(Chen et al. 1985)以及可能的鋒生現象，對於臺灣機場航空氣象要素的影響(Yu 1980)。儘管此一個案前已出現過低雲幕情況，苑港雲幕觀測可提供清泉崗機場約 30 分鐘預警時間(圖二)。

#### (二) 3 月 4 日 14:00~16:00

此一個案延續自前一個案，高度場(圖十

a)及風場(圖十一 b)顯示應受高壓迴流影響，東海及臺灣附近風力微弱，在琉球海域的低壓及氣旋式環流，皆較 12 小時前的高度場(圖十 a)及風場(圖十 b)更為完整；尤其臺灣附近重力位高度下降、盛行風已轉變為微弱偏西風，顯示旋生過程對綜觀環境的高度場及風場影響顯著；琉球、臺灣至廣東沿海溫度梯度較之前集中，且左側應伴隨微弱冷平流、右側為暖平流(圖十一 c)；此外，氣象局部分西岸測站，自 14 時起即觀測到較一致的氣壓下降與向岸風(圖十一 d)，但不易區隔綜觀環境與海風環流的個別影響，彭佳嶼風向也自 3 月 4 日 02 時的北北東風轉變為 14 時的西北風。綜合再分析資料以及觀測資料特性，我們認為位於琉球的氣旋正在快速發展，有可能伴隨臺灣附近的類似鋒生現象。此一個案的苑港雲幕觀測提供了清泉崗約 45 分鐘的預警時間(圖三)。

#### (三) 3 月 4 日 21:30~23:30

此個案延續自前一個案，高度場(圖十二 a)及風場(圖十二 b)顯示應受東北季風影響，琉球海域低壓出現封閉等高線，氣旋式環流發展完整，尤其臺灣附近盛行風轉變為偏北風，顯示旋生過程對綜觀環境的高度場及風場影響顯著；琉球、臺灣至廣東沿海仍是溫度梯度所在位置，且左側應伴隨微弱冷平流、右側為暖平流(圖十二 c)，臺灣西部在冷平流影響下，降溫約 2~3 °C；高於 95 % 的高相對濕度區範圍擴大至華南，臺灣附近相對濕度升至 90%(圖十二 d)。3 月 3 日 14 至 20 時之間，氣象局綜觀地面天氣圖亦分析出封閉低壓及通過臺灣中部的鋒面(圖十二 e)。綜合以上的低層天氣特徵，我們認為臺灣低壓(Yu 1980)已發展完成且伴隨的鋒面應正通過臺灣。在此一個案的苑港雲幕觀測提供清泉崗至少約 35 分鐘預警時間(圖四)。3 月 4 日 00~24 時平地少見高於 5 mm(day)-1 日雨量，但三次雲幕的快速變動，顯示臺灣

低壓發展過程中，不見得伴隨顯著天氣(圖十三 a~f)，但對飛航天氣的影響卻非常顯著且隨機。

#### (四) 3 月 6 日 16:00~18:00

此一個案發生前(3 月 6 日 14 時)高度場(圖十四 a)以及風場(圖十四 b)顯示應受東北季風影響，臺灣附近風力偏強；自日本九州、東海至福建沿海的溫度梯度(圖十四 c)也應是冷平流所在位置；乾空氣自黃海向南平流(圖十四 d)，抵達臺灣附近時相對濕度已升高至 80%。當日 20 時，臺灣附近重力位高度增大以及氣溫下降(圖十五 a)，顯示東北季風持續影響臺灣，相對濕度則增高至 95 %(圖十五 b)。前後相隔 6 小時的低層天氣圖顯示，臺灣為典型東北季風天氣型態，除相對濕度增高之外，似未呈現出造成清泉崗低雲幕的可能天氣系統。但是由氣象局紅外線雲圖則顯示系統性雲系的邊緣，於 15:00 時正位於臺灣海峽北部並向東南方向移動(圖十五 c)，並於 16:30 時已涵蓋中部以北沿海(圖十五 d)；850 hPa 天氣圖顯示，14 至 20 時之間，850 hPa 的華南低壓(圖十五 e、f)及風切帶(圖十五 g、h)隨分裂高壓東移，可能是造成雲幕轉變的原因之一。此一個案的苑港雲幕提供清泉崗約 15 分鐘的預警時間(圖五)。

#### (五) 3 月 11 日 12:00~14:30

3 月 11 日 14 時高度場(圖十六 a)以及風場(圖十六 b)顯示應受高壓迴流影響，偏東盛行風在未受臺灣地形阻擋前，風速可達 6~8 ms-1；臺灣及華中、華南溫度梯度微弱，自日本至臺灣一帶無明顯溫度平流，華南則應有微弱暖平流(圖十六 c)；臺灣附近相對濕度低於 85 %(圖十六 d)。3 月 11 日 08 時(圖十七 a)與 20 時(圖十七 b)的 1000 hPa 風場顯示，3 月 11 日 08~20 時之間，臺灣附近處於高壓迴流影響期間；在華南地區，14 時 850 hPa 雖無風切帶但西南風增強(圖十八 a)，700 hPa 完整的槽線在 105E° 附近，距離臺灣尚遠(圖

十八 b)，但上升速度位置(圖十八 c)應可支持位於大陸東南的中層雲系發展(圖十八 d)。

本個案出現在中午至下午期間，然而氣象局紅外線雲圖顯示當天上午開始就已有雲系從海峽向東移入臺灣，由於雲層覆蓋，很難辨識出清泉崗雲幕轉變前(圖十九 a)後(圖十九 b)是否存在明顯的低雲特徵；而由此雲系開始影響臺灣的時間，以及上述各時間的天氣圖特徵判斷，自華北至華南，雖有下一道鋒面及槽線系統正在發展中，但臺灣仍處於高壓迴流型態下，槽線動力似不易與上午即已開始移入臺灣的雲系進行關聯，並且從低層天氣圖、雷達及衛星影像也不易辨別出，足以造成清泉崗雲幕轉變的明顯天氣系統。在本個案的苑港雲幕觀測仍然可以提供清泉崗至少約 40 分鐘預警時間(圖六)。

(六) 3 月 13 日 06:00~08:00

3 月 13 日 08 時高度場(圖二十 a)及風場(圖二十 b)顯示鋒面已通過臺灣，臺灣海峽北部偏北盛行風之風速達 6~10 ms<sup>-1</sup>；日本九州、東海至華南沿海為溫度梯度所在位置，並伴隨明顯冷平流(圖二十 c)；由高相對濕度區分布可大致判別出鋒面位置，臺灣附近相對濕度大多高於 90%，南部甚至達 95%(圖二十 d)；氣象局梧棲測站在 05~08 時之間，風向由東南風轉變為偏北風，氣壓跳升 3.8 hPa，氣溫下降 2°C 且降雨 4.5 mm，顯示鋒面應於此段期間通過臺中沿海；然而在鋒面雲系覆蓋下，並不易自紅外線衛星雲圖中判讀出個案轉換期間的低雲特徵。在本個案的苑港雲幕觀測可以提供清泉崗接近 50 分鐘的預警時間(圖七)。

(七) 5 月 27 日 09:30~11:30

當天 08 時高度場(圖二十一 a)顯示鋒面應位於臺灣中部，與氣象局發布之綜觀地面天氣圖一致；東海至海峽北部一帶雖位於鋒後但風力微弱(圖二十一 b)，即使日本九州、東海至華南沿海為溫度梯度所在位置，也無

明顯冷平流(圖二十一 c)；高相對濕度區大致與鋒面一致，臺灣相對濕度皆高於 90%，臺灣海峽則達 95%(圖二十一 d)；08~11 時之間，氣象局梧棲測站均為偏弱偏南風，氣壓及氣溫微降 0.3 hPa 及 2°C，但 3 小時累積降雨達 16.5 mm。整合雷達(圖二十二 a~i)顯示，03 時以前出現在臺中沿海的零星對流，至 08 時發展成線狀中尺度系統，造成清泉崗以及臺中港兩地的雲幕觀測值偏低且變動很大(圖八)；線狀對流於當天 08~09 時之間進入陸地，陸續使臺中港及清泉崗雲幕高度下降，並持續影響清泉崗至 11 時以後。以上資料說明此一個案與梅雨鋒面環境下的局部對流發展關係密切；本個案的臺中港雲幕觀測，提供了清泉崗約 40 分鐘的預警時間(圖八)。

(八) 6 月 3 日 09:00~12:00

當天 08 時高度場(圖二十三 a)及風場(圖二十三 b)顯示鋒面應位於臺灣北部，與氣象局發布之綜觀地面天氣圖一致，東海至海峽北部一帶雖位於鋒後但風力微弱；500 hPa 完整槽線正通過臺灣(圖二十三 c)，槽線動力所伴隨的綜觀尺度中層上升速度，在臺灣附近尤其最強(圖二十三 d)；氣象局梧棲測站在 08 時以前天氣良好，但在 08~11 時之間出現雷雨，3 小時累積降雨達 22 mm，伴隨氣壓升高 0.6 hPa 及氣溫下降 3°C。整合雷達(圖二十四 a~e)顯示，08 時鋒面上發展的對流自東海經北部至中部沿海，隨鋒面東移，臺中港雲幕高度於 08 時前已陡降但清泉崗情況仍良好，09 時起對流持續隨鋒面東移影響清泉崗，致雲幕高度突降，此對流系統持續影響中部至 12 時。以上資料說明此一個案與梅雨鋒面上的組織性對流發展關係密切；本個案的臺中港雲幕觀測，應可提供清泉崗至少約 60 分鐘的預警時間(圖九)。

(九) 6 月 3 日 16:30~18:00

本個案沿續自前一個案，當日 14 時高度場(圖二十五 a)以及風場(圖二十五 b)顯示鋒

面應位於臺灣中南部，與氣象局綜觀地面天氣圖一致；500 hPa 槽線剛通過臺灣(圖二十五 c)，臺灣位於槽線伴隨之中層上升速度區內，但最強區移至東南方海域(圖二十五 d)；氣象局梧棲測站自 14 時起雨勢減弱，至 17 時累積 8 mm，17 時起氣壓以 0.8 hPa(3hr)<sup>-1</sup> 之趨勢回升。整合雷達(圖二十六 a~h)顯示中部位於強對流邊緣，16 時以前清泉崗雲幕情況穩定，但臺中港雲幕於 15:30 時起漸降低，此與臺中沿海零星對流發展有關，這些對流雲系隨後東移、增強並影響清泉崗，導致清泉崗雲幕於 16:00~16:30 間快速降低；以上資料說明此一個案與梅雨鋒後小尺度對流發展關係密切。本個案的臺中港雲幕觀測，提供清泉崗約 40 分鐘預警時間(圖九)，此外，當鋒面及槽線遠離，臺中港雲幕自 18 時逐漸上最後消失的轉變趨勢，也提早於清泉崗機場呈現。

#### 四、 結論

每年入冬至隔年春季期間，清泉崗機場的雲幕高度，相較於其他西部沿海機場，往往特別容易出現劇烈變化；以現今主、客觀技術對雲幕預報尚未臻完善情況下，建立一套可行的低雲幕即時預警機制，是有其必要性的。本研究以實作應用為導向，在「國防科技學術合作」計畫支持下，完成前置觀測對清泉崗機場低雲幕預警效果的評估。

(一) 在成效部份的重要建議如下：

- (1) 臺灣低壓發展及伴隨的鋒生過程，低雲幕可能頻繁且隨機地發生於清泉崗機場，但不見得同時出現深厚雲層組織或回波可供參考，此時苑港的前置觀測，可提供 30~45 分鐘預警時間。
- (2) 低層風切所伴隨的華南雲帶、高壓迴流及鋒面通過等天氣條件下，高層雲系的遮蔽，可能導致低雲情況不易判別，此時設於苑港的前置觀測，可提供 15~50 分鐘預警時間。

(3) 梅雨鋒面上尚不具組織的對流，或是鋒面後緣的零星雲系，對機場雲幕的影響程度較難評估，此時位於臺中港的 40 分鐘前置觀測預警能力可提供重要參考；梅雨鋒後雲幕的回升時機，臺中港的前置觀測亦可提供 30 分鐘預警能力。

(4) 伴隨梅雨鋒面組織性對流的低雲幕，位於臺中港的前置觀測可提供 60 分鐘預警時間。觀察以上個案出現的時機，顯示冬季清泉崗的低雲幕，幾乎可出現在任何常見的天氣系統影響之下，尤其當雷達回波無明顯特徵，或雲圖無法辨別低雲時，前置觀測所提供的訊息十分珍貴；梅雨季鋒面影響時，即使雷暴的守視更為重要，但前置觀測對雲幕升降的預警仍有幫助。

(二) 對設置策略的建議如下：

- (1) 分析過程所取得的清泉崗資料並非原始資料，而是類似 METAR 編碼的格式，對研究目標的達成雖無影響，但雲幕變動過於尖銳且較難判斷短時的細微變化；未來實作應用時，建議以原始資料呈現 AWOS 雲幕高度，較能保持應用上的延展性。
- (2) 本文討論的都是有顯著效果的個案；其他效果不明顯的原因，我們認為是苑港及臺中港兩地，相對於某些局部天氣系統或低雲的移動方向，並非是足以發揮前置觀測最大功能的最佳位置；因此，在清泉崗機場跑道南北延伸方向的左半邊、自苑裡到彰濱工業區一帶，未來可尋找氣象局、環保署測站或港口等，都是值得測試此觀測策略的有利位置。
- (3) 配合設站，儘快發展配合國軍網路架構的可行通信機制，以確保珍貴資料能被即時應用。

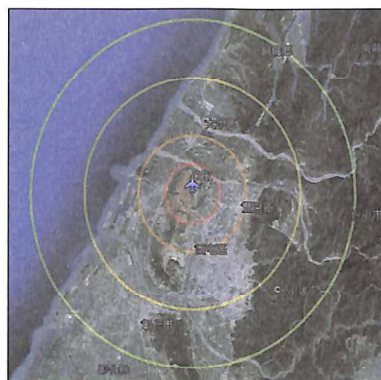
#### 五、 參考文獻

1. 任亦偉、王信富、陳文倩，2002：運用 WRF 模擬臺灣中北部地區低能見度及低雲幕

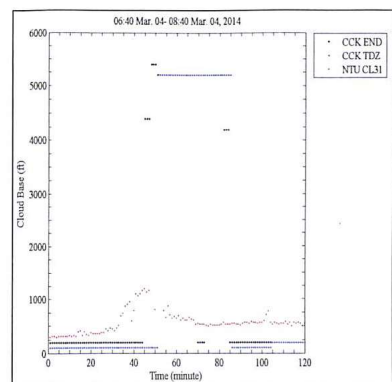
現象之個案研究。101 年天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局，臺北。

2. 任亦偉、林得恩、呂崇華、鳳錦暉，2001：臺灣冬季海洋性旋生個案模擬之應用研究。建國百年天氣分析預報與地震測報研討會論文集編，中央氣象局，臺北。
3. 宋孝先，2009：消失在夜空的星式機騎士。中華民國的空軍，831，4-5。
4. 林博雄，2009：觀霧地區雲霧氣象之觀測調查研究，營建署雪霸國家公園管理處委託計畫。
5. 林博雄，2012：高山氣象觀測站使用儀器特性、架設與維護方法之研究，交通部中央氣象局委託計畫。
6. 林博雄，2012：臺北盆地高解析度風切擾動模擬與診斷流程之發展，國防科技學術合作委託計畫。
7. 林博雄，2013：影像分析在天氣觀測之應用(1/3)，交通部中央氣象局委託計畫。
8. Chen, T. C., C. B. Chang, and D. J. Perkey, 1985: Synoptic study of a medium-scale oceanic cyclone during AMTEX' 75. Mon. Wea. Rev., 113, 349-361.
9. Yu, C. C., 1980: Some climatological aspects of Taiwan Low. Paper Meteor. Res., 3, 78-90.

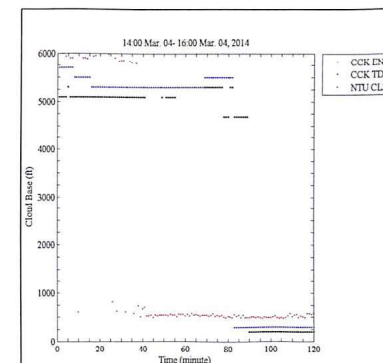
## 六、圖表彙整



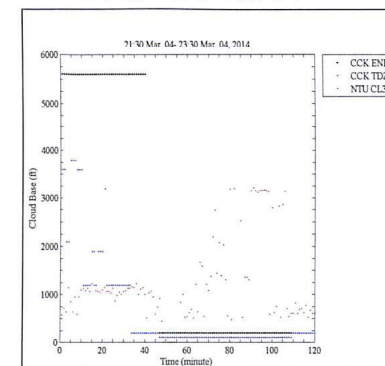
圖一以清泉崗機場為中心相距 5、10、20 及 30km 等距離之同心圖示意圖。



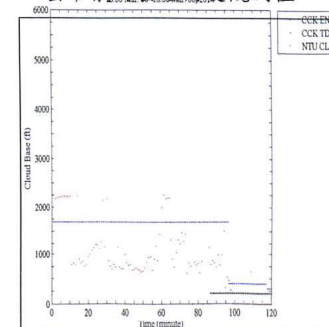
圖三 2014 年 3 月 4 日 14:00~16:00(橫坐標 0~120)的 CL31(紅色)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



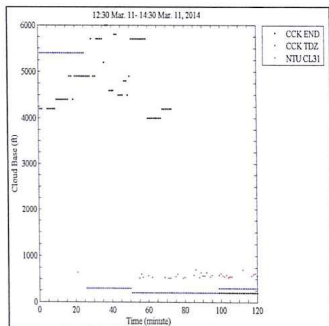
圖二 2014 年 3 月 4 日 14:00~16:00(橫坐標 0~120)的 CL31 (紅色)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測。



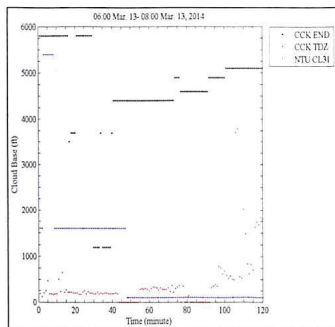
圖四 2014 年 3 月 4 日 21:30~23:30(橫坐標 0~120)的 CL31 (紅色)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



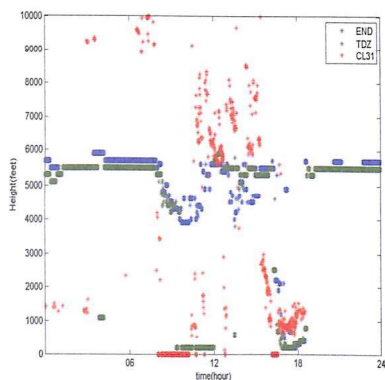
圖五 2014 年 3 月 6 日 16:00~18:00(橫坐標 0~120)的 CL31(紅色)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



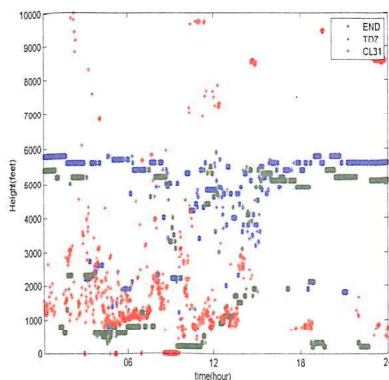
圖六 2014年3月11日 12:30~14:30(橫坐標 0~120)的 CL31(紅色)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



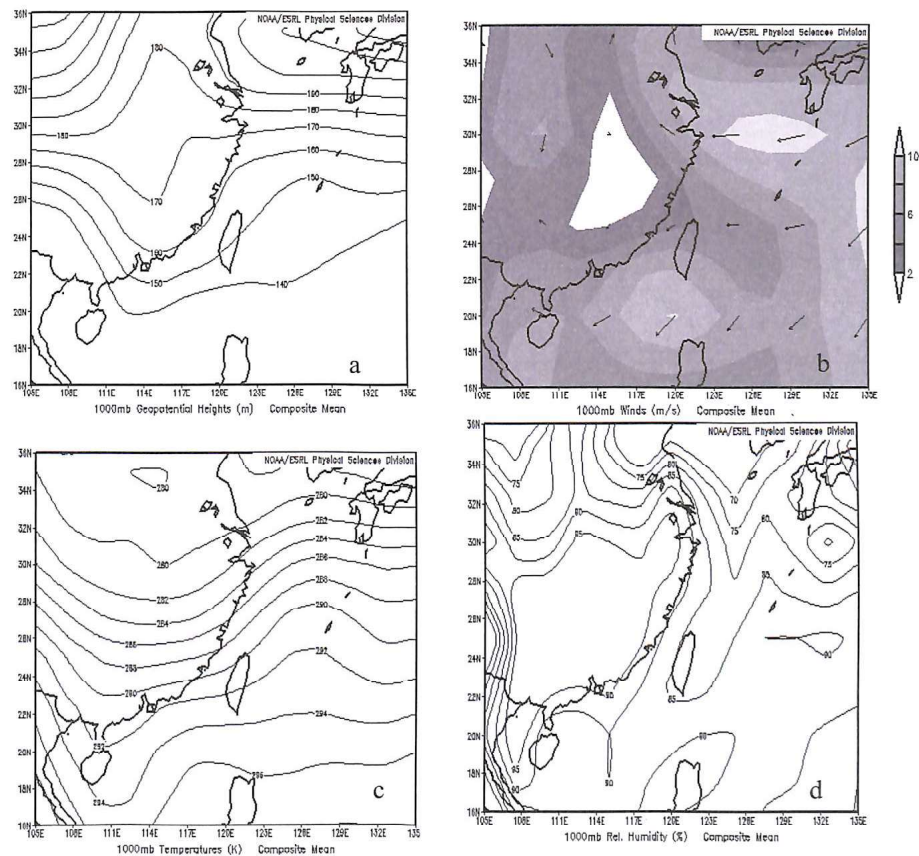
圖七 2014年3月13日 06:00~08:00(橫坐標 0~120)的 CL31(紅色)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



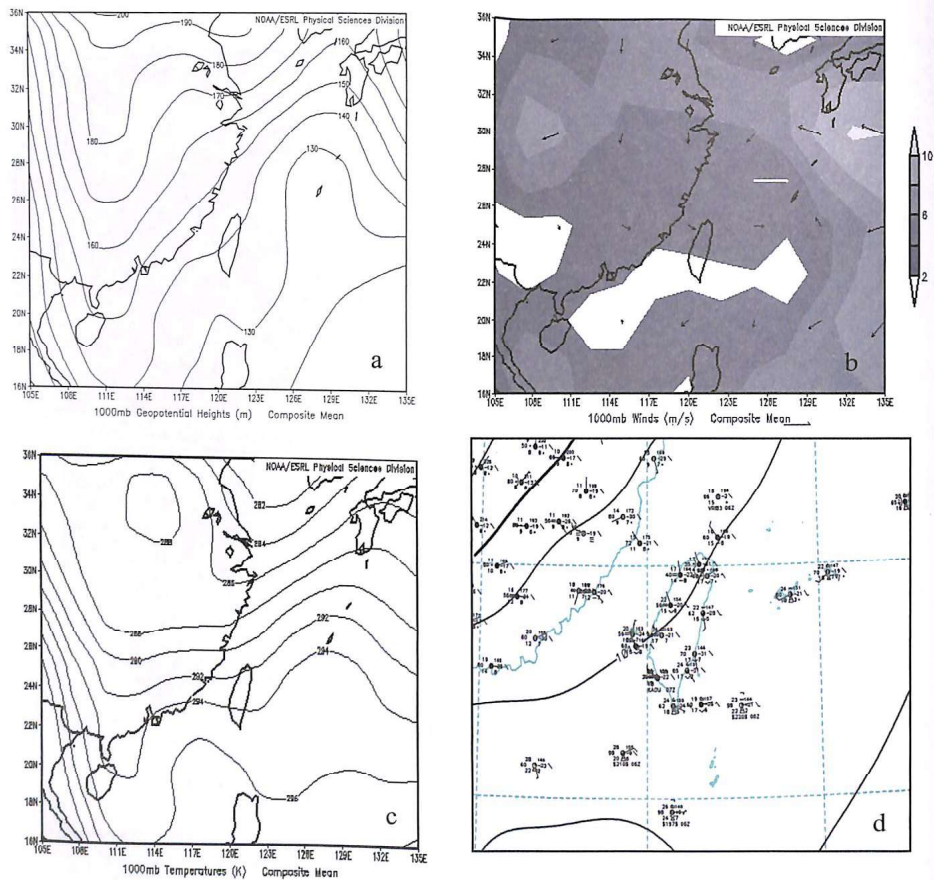
圖八 2014年5月27日 00~24時 CL31(紅色標記)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



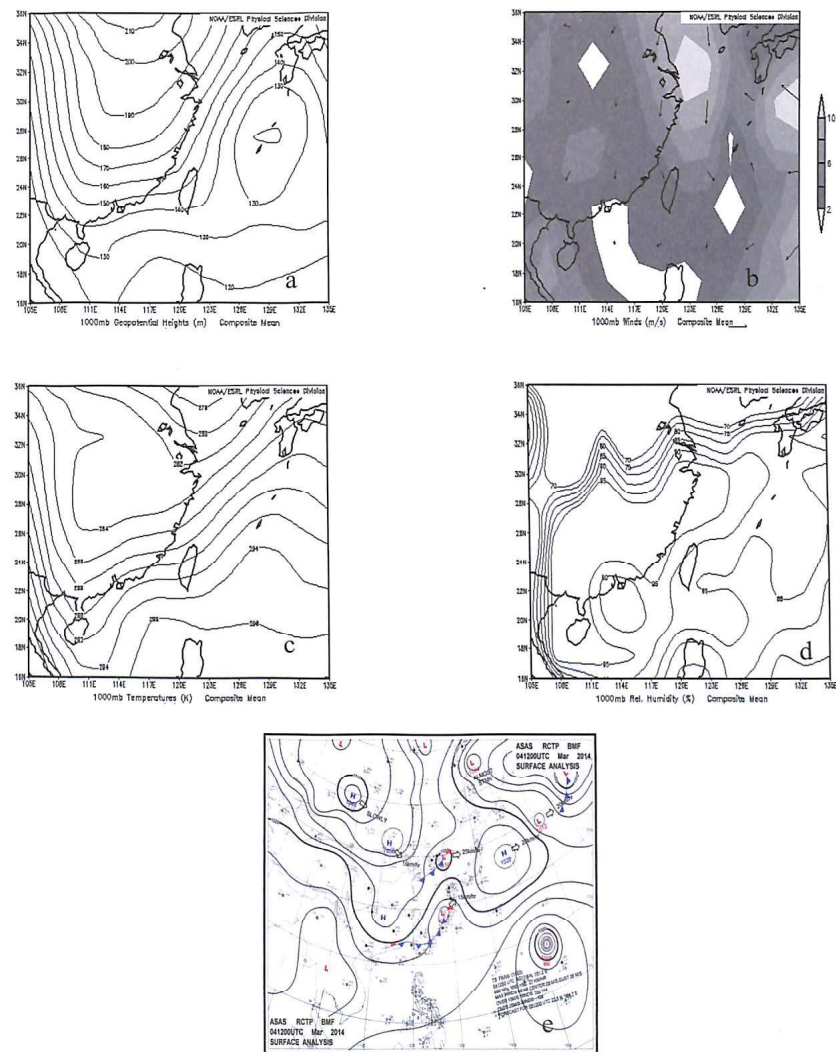
圖九 2014年6月3日 00~24時 CL31(紅色標記)和清泉崗機場兩套 AWOS 雲幕儀的雲底高度觀測值。



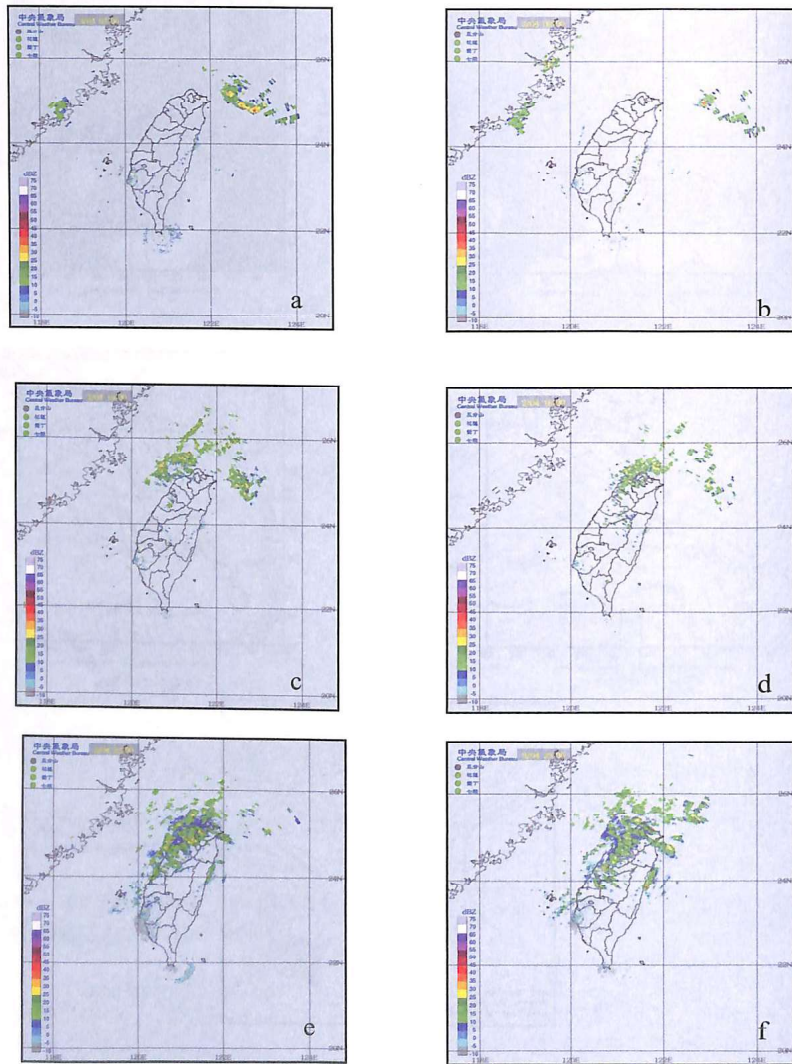
圖十 2014年3月4日 02時, 1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms-1)、(c)氣溫(K)及(d)相對濕度(%)。



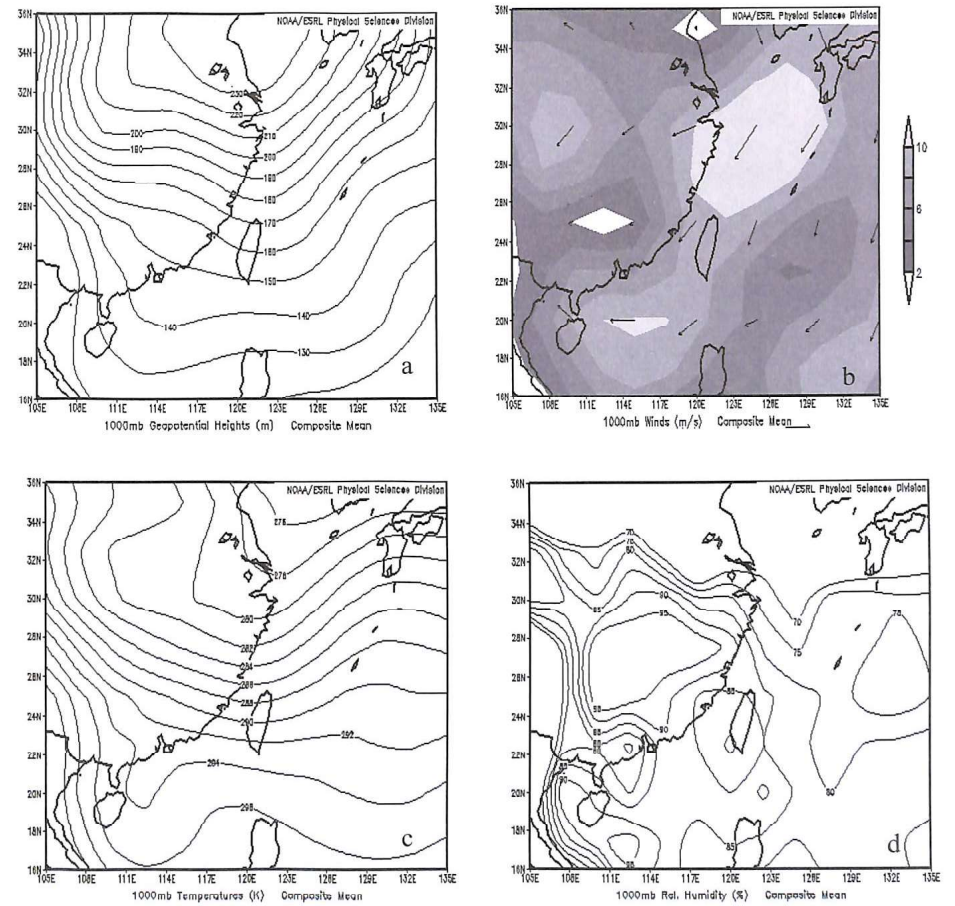
圖十一 2014年3月4日14時，1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階，ms-1)、(c)氣溫(K)及(d)mesonet分析。



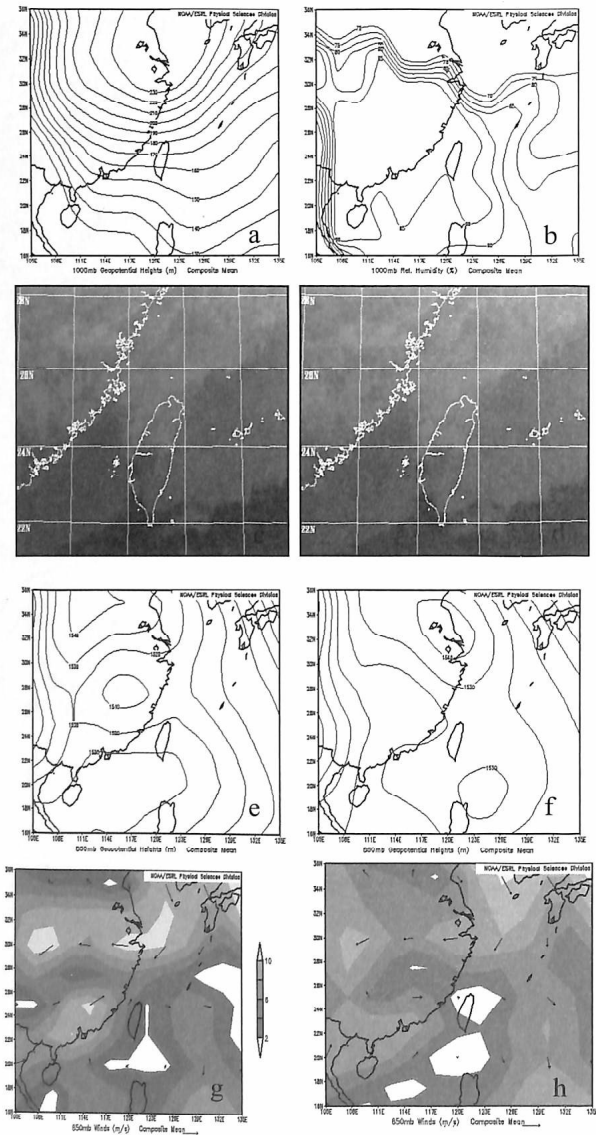
圖十二 2014年3月4日20時，1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階，ms-1)、(c)氣溫(K)、(d)相對濕度(%)及(e)氣象局地面綜觀天氣圖。



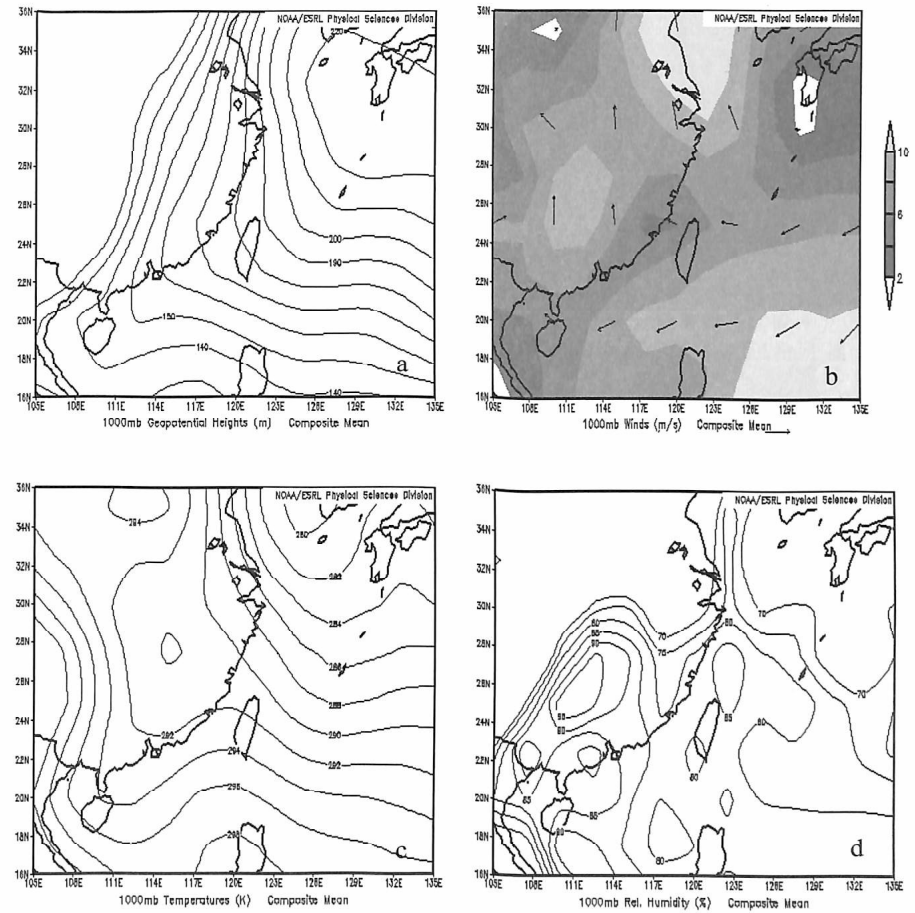
圖十三 2014年3月4日三次個案期間的雷達回波。第一次個案期間的(a)07時及(b)08時，第二次個案期間的(c)15時及(d)16時，第三次個案期間的(e)22時及(f)23時。



圖十四 2014年3月6日14時，1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms-1)、(c)氣溫(K)及(d)相對濕度(%)。

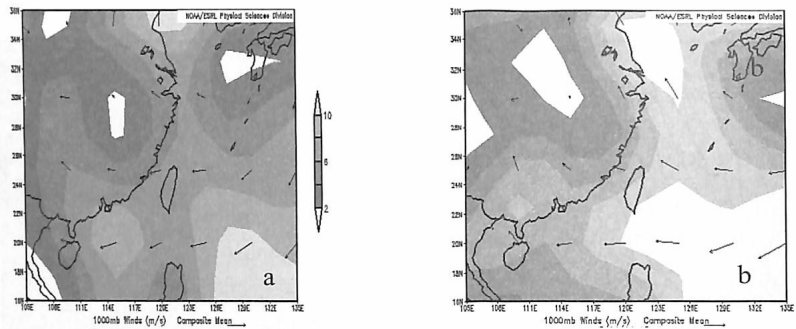


圖十五 2014年3月6日20時1000 hPa(a)重力位高度與(b)相對濕度(%)、3月6日(c)15:00及(d)16:30紅外線衛星雲圖、3月6日14時850 hPa(e)重力位高度及(f)風向/風速(灰階, ms-1)、3月6日20時850 hPa(g)重力位高度及(h)風向/風速(灰階, ms-1)。

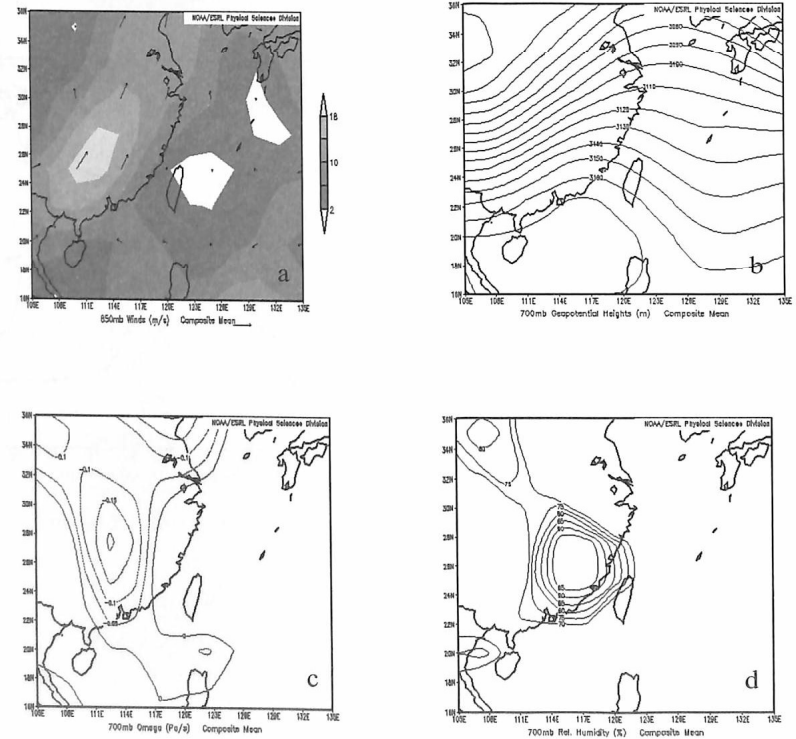


圖十六 2014年3月11日14時,1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms-1)、(c)氣溫(K)及(d)相對濕度(%)。

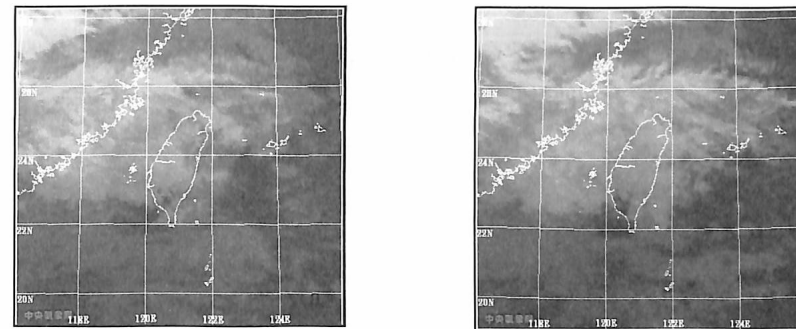




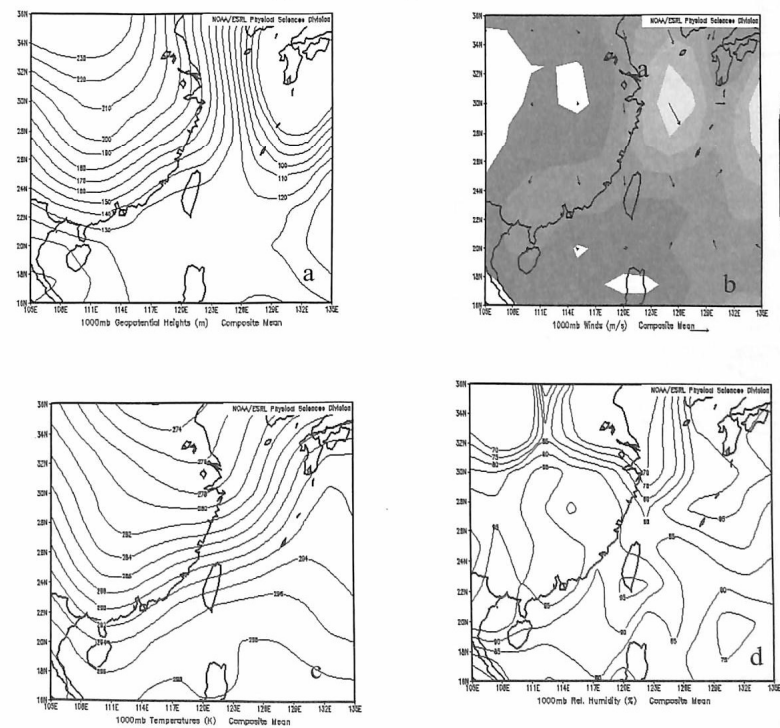
圖十七 2014年3月11日(a)08時及(b)20時1000 hPa風向/風速(灰階, ms<sup>-1</sup>)。



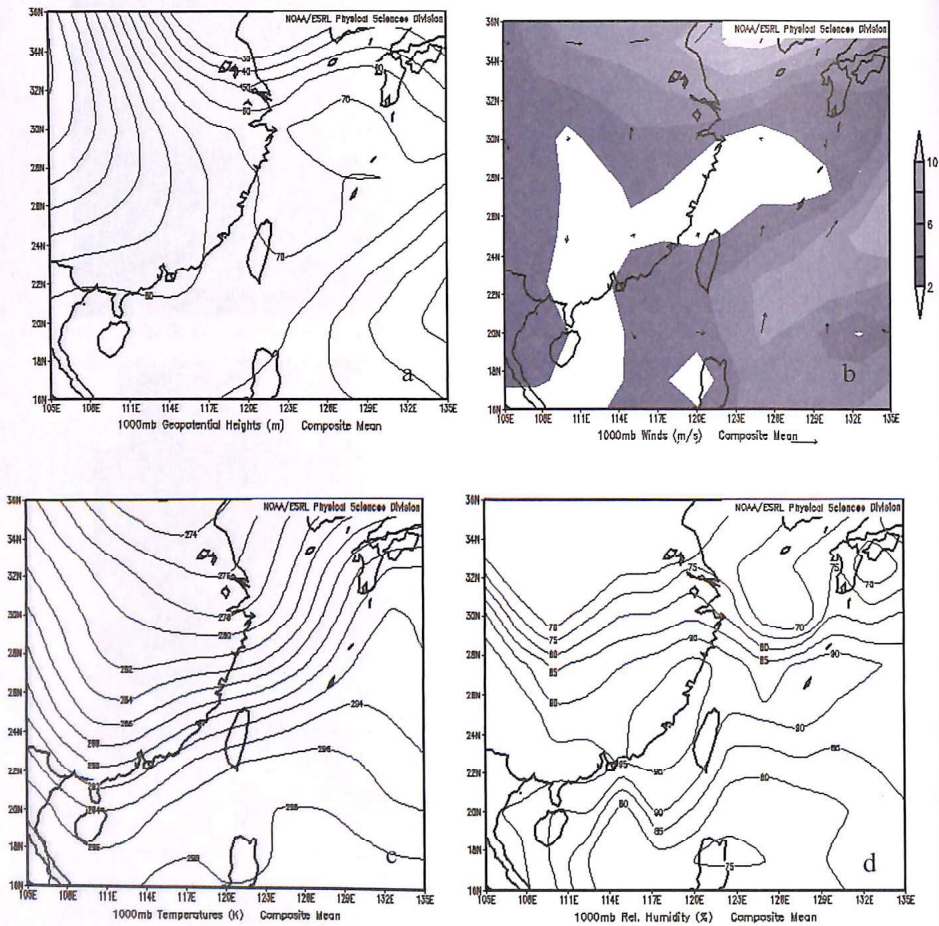
圖十八 2014年3月11日(a)14時850 hPa風向/風速(灰階, ms<sup>-1</sup>), 14時700 hPa (b)重力位高度、(c)垂直速度及(d)相對濕度。



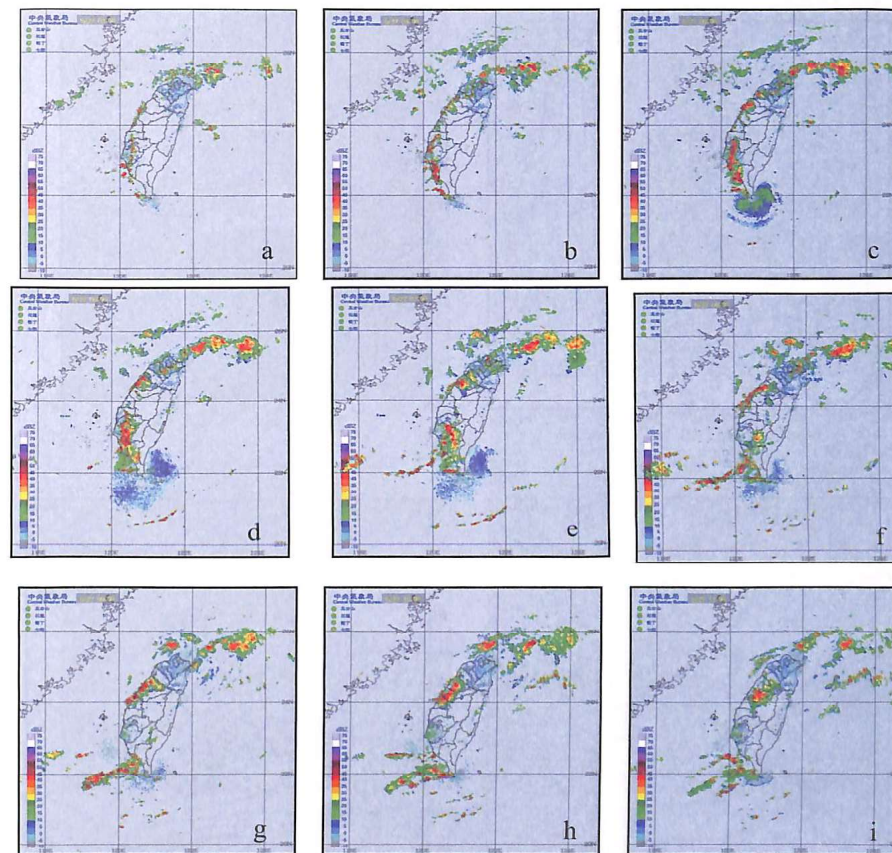
圖十九 3月11日(a)11:30時及(b)13:00時氣象局紅外線衛星雲圖。



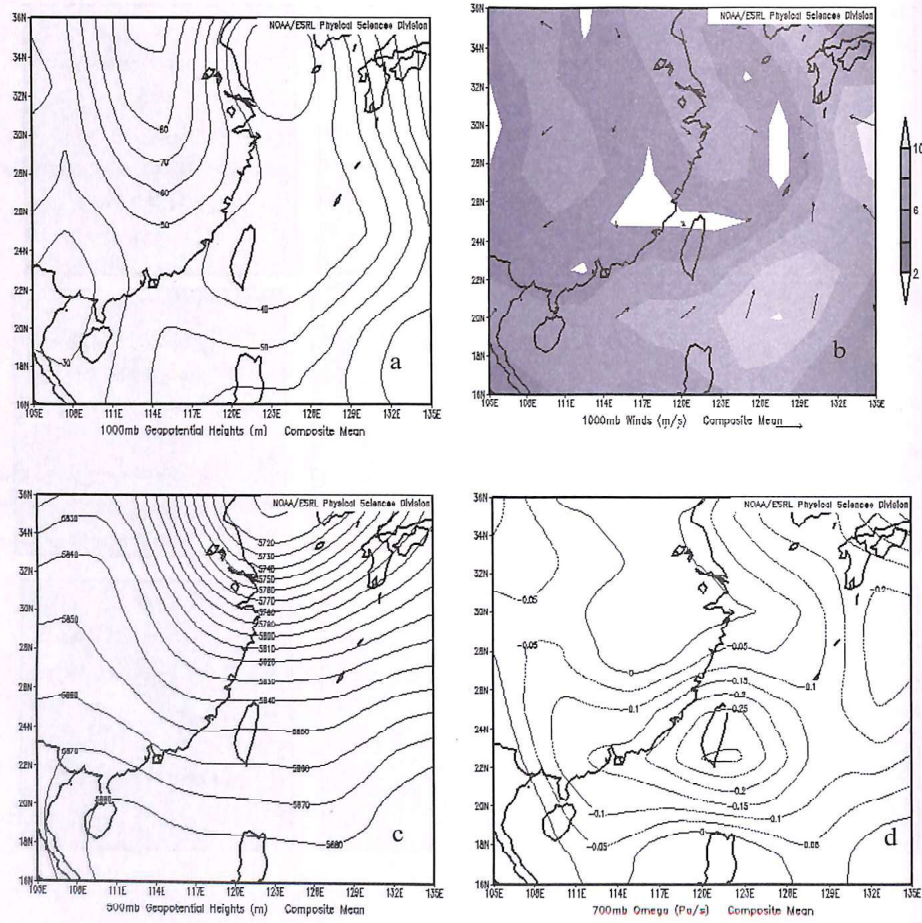
圖二十 2014年3月13日08時, 1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms<sup>-1</sup>)、(c)氣溫(K)及(d)相對濕度(%)。



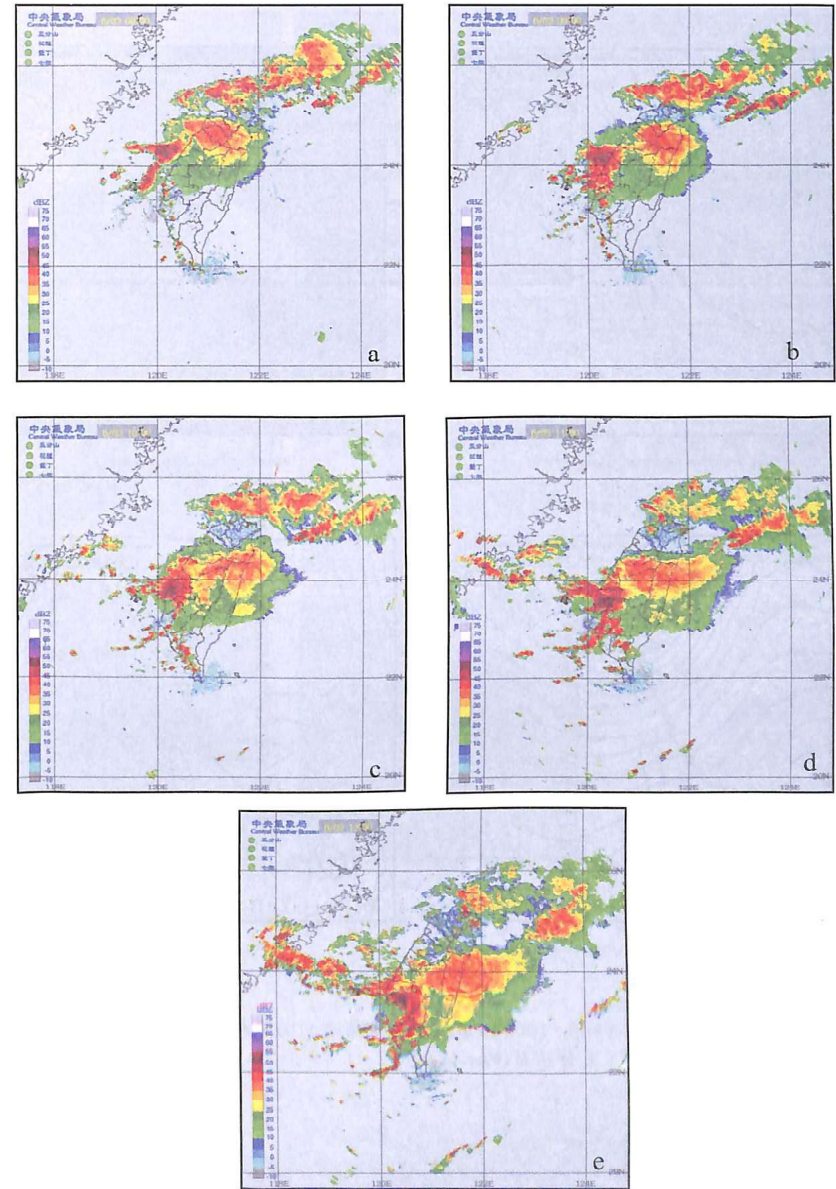
圖二十一 2014年5月27日08時, 1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms-1)、(c)氣溫(K)及(d)相對濕度(%)。



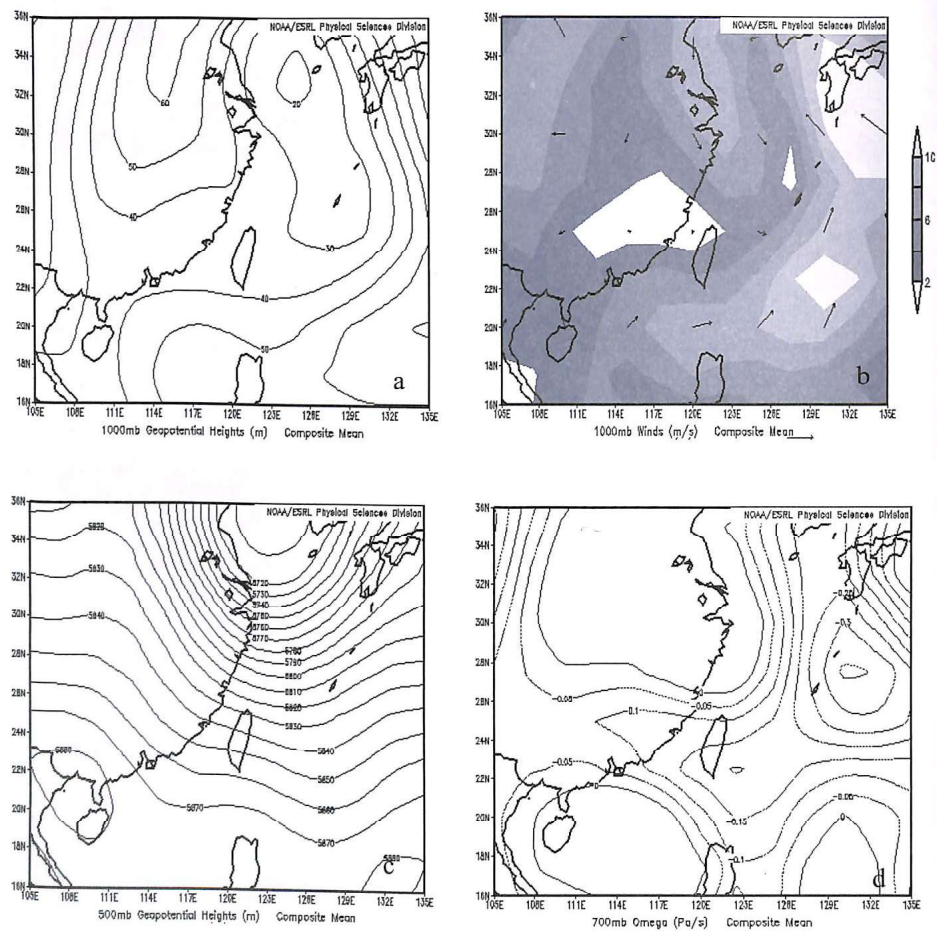
圖二十二 2014年5月27日(a)03、(b)04、(c)05、(d)06、(e)07、(f)08、(g)09、(h)10及(i)11時雷達回波。



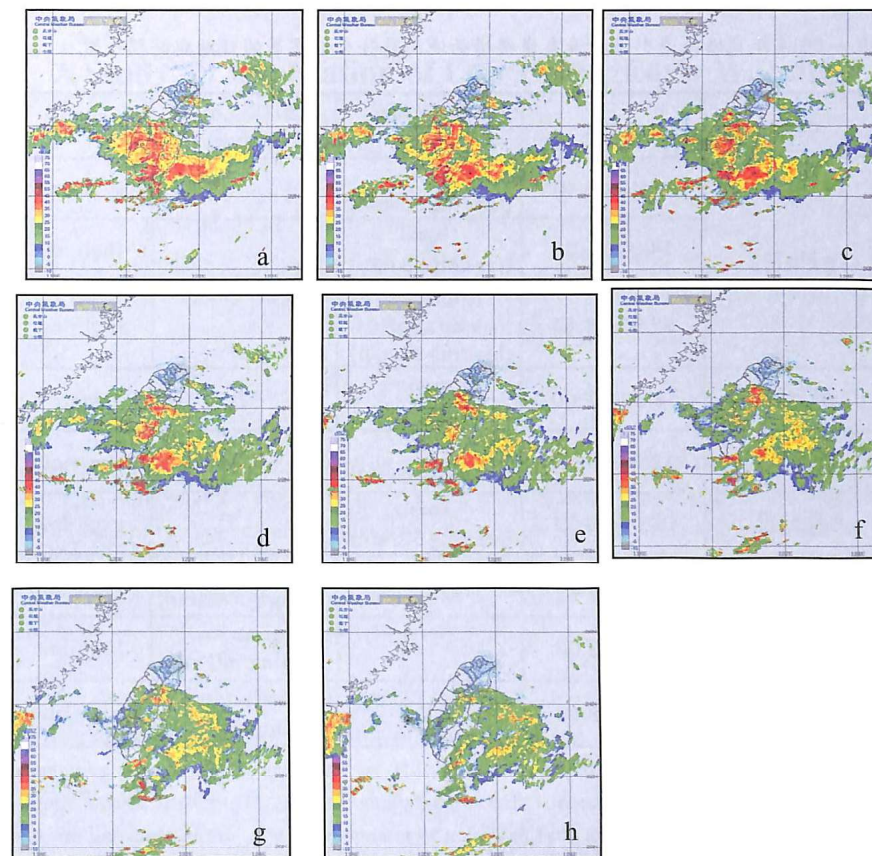
圖二十三 2014年6月3日08時, 1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms-1)、(c)500 hPa 重力位高度及(d)700 hPa 上升速度(Pas-1)。



圖二十四 2014年6月3日(a)08、(b)09、(c)10、(d)11及(e)12時雷達回波。



圖二十五 2014年6月3日14時, 1000 hPa(a)重力位高度、(b)風向/風速(灰階, ms-1)、(c)500 hPa 重力位高度及(d)700 hPa 上升速度(Pa-s)。



圖二十六 2014年6月3日(a)16:00、(b)16:30、(c)17:00、(d)17:30、(e)18:00、(f)18:30、(g)19:00及(h)19:30 雷達回波。

表一 2014 年苑港或臺中港和清泉崗機場兩地同時發生低雲羣的日期與時間一覽

date	time	CL31(Yuan Harbor)	CL31(Taichung Harbor)	清泉崗
3月4日	06:40-08:40	Low (leading 30 min)		High-low
	14:00-16:00	Low (leading 45 min)		High-low
	21:30-23:30	High-low vibration (leading 35 min)		High-low
3月6日	16:00-18:00	step (leading 15 min)		step
3月11日	12:00-14:30	Low (leading 40 min)		High-low <sup>c</sup>
3月13日	06:00-08:00	Low (leading 50 min)		High-low
5月27日	09:30-11:30		Slowly down (leading ~40 min)	High-low
6月3日	09:00-12:00		High to low (leading ~60 min)	High-low
	16:30-18:00		Slowly down (leading ~40 min)	High-low

## A Study on Application of Low Ceiling Early Warning Strategies for Ching-Chun-Kang Air Force Base

Po-Hsiung Lin 1、Jyh-Huei Tai 1、De-En Lin 2、Yu-Feng Lin 2

1 Center for Atmospheric Resource and Disaster Studies, National Taiwan University

2 Air force weather wing

### Abstract

Low ceiling phenomenon, a boundary process essentially, is hard to be predicted precisely. In addition to continuous development in NWP, the establishment of a reliable low-ceiling early warning system is very important nowadays. A one-year application research, funded by the Defense-related Technological and Academic Cooperation Project, was carried out by the Center for Atmospheric Resource and Disaster Studies of NTU to test and evaluate the low-ceiling early warning process for Ching-Chun-Kang Air Force Base.

Two outposts, one at Yuan Harbor, 20 km to the North of Chingchuankang, another at Taichung Harbor, 12 km to the West of Chingchuankang, were set up sequentially with consecutive 10-sec ceiling sampling by Vaisala CL31 around March and MeiYu season. The synoptic weather patterns for 9 representative cases with successful early warning in six different dates are listed as follow: the development of a Taiwan Low and the associated frontal genesis, the moving cloud band associated with 850 hPa South-China wind-shear zone, the anticyclonic outflow, the frontal passage, individual convective system in or behind a MeiYu front, and the organized convective system embedded in a MeiYu front. Early warning time can be offered by the two outposts are 30 to 50 minutes, in general.

**Key words: low ceiling, outpost, early warning**