

# TATEX計畫期間中壢特高頻雷達測風之特性分析

蘇信一<sup>\*</sup>，林沛練<sup>\*\*</sup>，潘貞杰<sup>\*\*</sup>，劉兆漢<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> 國立中央大學太空科學研究所

<sup>\*\*</sup> 國立中央大學大氣物理研究所

## 摘 要

台灣地區颱風實驗 (TATEX) 期間，中壢特高頻雷達連續觀測中壢上空三公里至十公里的三維風場。這些風場資料的時間解析度約七分鐘，空間解析為六百公尺，如此高的解析度正可彌補傳統探空觀測時間間隔太長的缺點。三維風場在空間隨時間的快速變化，可用以探討颱風影響台灣地區時，環流演變之特性及其他細微結構之特徵。本文將以蓓琪、亞伯及黛特三個連續來襲的颱風為例，提出觀測報告。

## 一、前言

傳統上對低層大氣的觀測，大都以探空儀 (Rawinsonde) 的施放來取得大氣的參數，如風場、溫度、氣壓及濕度等等。通常這些資料的時間連續性及空間解析度都不是很理想的。1990年台灣地區颱風實驗計畫 (Taiwan Area Typhoon Experiment, TATEX) 期間，為取得高空間解析度及連續觀測台灣北部上空的三維風場分佈，以中壢特高頻雷達的加入觀測，來彌補傳統探空資料的不足。

## 二、特高頻雷達測風法之簡介

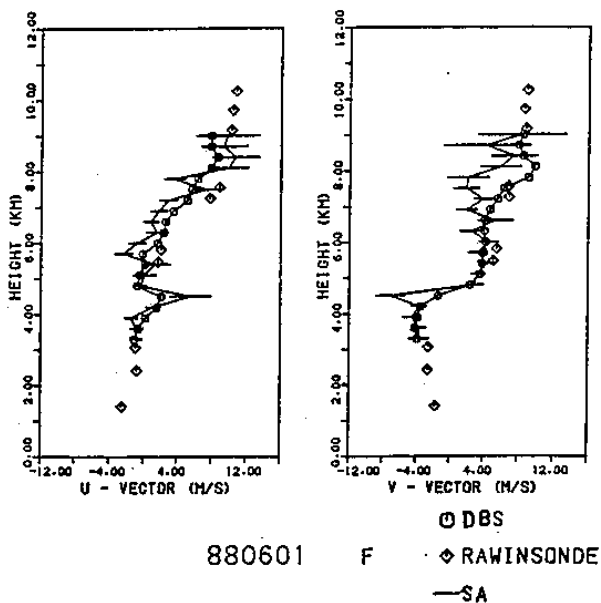
特高頻雷達所接收到的回波，係利用大氣之折射指數 (refractive index) 之不規則變化來散射或

折射雷達的電波。因為這些不規則的折射指數的變化、擾動，不論在晴天或雨天都存在，所以特高頻雷達的大氣觀測，是不受氣候因素的限制。再者這些大氣不規則體的大小，約為數公尺至十公尺左右，產生最大回波的波長則為此長度的一半，所以，特高頻雷達的波長都選在五公尺左右，遠比普通氣象雷達的波長大過五十或一百倍。中壢雷達的波長為5.77公尺，頻率為52百萬赫茲。

這些大氣中的不規則體，都隨著背景的風場漂移，所產生的回波，都有都卜勒 (Doppler) 頻移效應。分析這些頻移，即可得知不規則體的漂移速度，亦即大氣風場的大小。中壢特高頻雷達運用此原理觀測風場時，將電波隨天線波束的轉向，往東、西、南、北各傾斜 $17^\circ$ 發射，再往垂直方向發射。取得五個方向的徑向風速 (radial velocity)，再綜合繪製三維風場。這種方法稱之為「都卜勒波束旋轉法」(Doppler Beam Swing) 簡稱DBS法。

另外一法，則是運用改良早期觀測電離層之風速及特性之「間距天線法」(Spaced Antenna Method) 簡稱SA法。(Briggs, 1984; Larsen and Röttger, 1989; Hocking et al., 1989)。此法是三座雷達同時垂直發射電波及收接回波，利用大氣的不規則體漂移至三座天線陣上空時，所測得時間的差距，再除以三座天線陣間的相對距離，得以換算出上空風場。因為不規則體在漂移時有可能隨時間變化，所以在資料處理上是以全相關法(Full Correlation Analysis)的技術求得水平風速。再加上垂直方向的都卜勒頻移法得知垂直風速，繪出三維風場。

中壢特高頻雷達以DBS及SA法同時測過風速多次，並與板橋探空儀資料比較，所得的結論是三種資料顯示出的風場大都吻合。圖一所示即為以前資料的驗證結果。這次TATEX計畫後，分析出的資料也與板橋探空資料作大體上的比較，結果甚佳。



圖一 中壢特高頻雷達以DBS法及SA法所測出之水平風速與板橋探空資料之比較

### 三、TATEX計畫期間觀測策略

為配合TATEX觀測期間，資料的快速取得及運用，我們引進了「即時資料處理副系統」(On-line Processor)，由PC控制雷達的資料收集及立即分析回波訊號，取得回波強度，三維風場。於每小時作一次平均後，在每小時的正點傳給中央氣象局。同時也把原始資料儲存在磁帶以便日後作其它研究。

雖然「即時資料處理副系統」能自動求取風場，但是由於PC之記憶體容量及運算速度均不及一般大型電腦，所以只得採用六百公尺的空間解析度以減低資料的取量及減少PC記憶體負荷。並以SA法進行探測來減低PC對雷達的控制。

### 四、TATEX期間中壢特高頻雷達資料概述

中壢特高頻雷達自七十九年八月一日起至七十九年九月三十日止，雷達除了停電、當機以及颱風來襲，風速過大無法觀測外，觀測資料是連續存下來的。除了「及時」資料處理外，在TATEX實驗完畢後，又花了兩個多月把儲存於磁帶上的資料重新處理。現在要報告的是以這批重新處理的資料為主。

現有風速的資料有兩種時間解析度，一是每七分鐘一組三維風場；另一是每小時的平均三維風場。空間解析度都是每六百公尺。雖然資料取樣都是從地面三公里至十八公里，但是由於十公里以上的回波大部份太弱，無法算出風速，所以好資料大都限在十公里以下。

風場資料在時間的完整性，以八月二十日至九月二十五日間的三十七天為最佳。但並不表示其間沒有斷續過。

## 五、颱風觀測實例

我們選擇了蓓琪 (BECKY)，亞伯 (ABE) 以及黛特三個颱風為例，來說明中壢特高頻雷達測風之特性。蓓琪颱風在呂宋島東北方海面生成之後，先向西北方，再轉西南西移動，中心於八月廿六日廿時經過呂宋島西北端，之後向西進入南海。八月廿六日至八月卅日地面天氣圖(圖二)以及衛星雲圖(圖三)的時間序列可以看到蓓琪颱風環流之變化。此外，亞伯颱風廿八日之後由琉球群島東南方海面朝西北西之方向移動，中心於卅日經過台灣北端近海之後轉向北走，最後進入大陸，為台灣鄰近地區引進強烈之西南氣流(圖二及圖三)。黛特颱風之強度於九月六日增強為中度颱風，範圍亦擴大，並且從恆春東南東方約1020公里之海面上，一路朝西北西前進，並於七日晚上在台東登陸本省，之後從台南，嘉義之間進入台灣海峽，再後從金門附近登陸大陸。九月六日至九月九日的地面天氣圖以及衛星雲圖示於圖四。

為了探討這幾個颱風影響台灣之前後時間之中壢測風特性，我們分析了中壢特高頻雷達八分鐘平均的三維風場垂直分佈的走時變化，圖五至圖八為相關時間 $U-V$ ， $U-W$ 以及 $V-W$ 合成風垂直分佈的時間序列。圖中垂直方向為以公里為單位之高度座標，水平軸為以小時為單位之時間座標，每一刻度間隔半小時。風的垂直分佈每八分鐘有一個，合成風向量表示成由格點吹出之方向。向量大小標註於圖的右下角。

八月廿六日及廿七日，受蓓琪颱風外圍環流影響，中壢上空二公里到八公里之間幾乎都盛行東南風，廿八日夜晚之後，蓓琪進入南海，亞伯也逐漸影響到台灣，因此水平風逐漸由東南轉為東風，再轉為東北風，八月廿九日五公里上下分別吹東南風及東北風，可能是兩颱風合併影響之結果。廿九日午後，亞伯影響愈來愈大，因此上下層都轉為東北風。卅日上午東北風非常強，下午之後，亞伯颱風直接影響到觀測站，資料品質較差，但仍可看出東

北風轉成西北風的細微變化。卅一日颱風向北走，中壢上空出現強勁之西北風。卅一日傍晚之後，颱風引進之西南氣流逐漸影響到中壢之上空。因此，九月一日整層都是南來氣流。

垂直速度的直接觀測乃特高頻雷達的最重要特點之一，垂直速度不但是大氣擾動的指標，也是大氣對流活動的主題。由圖五至圖七，我們可以明顯的發現，當水平風是東風或東南風，中壢上空就出現較強烈的垂直運動速度，而且具有明顯的波動結構，反之當水平向為東北風、西北風或西南風時，垂直速度分量都很小，這可能與台灣地形有著密切之關係，當東風或東南風經過台灣中央山脈時，是否會引發重力波而引起中壢上空垂直速度擾動之強烈變化值，得進一步研究。

圖八為黛特颱風侵襲本省前後中壢上空風場之變動分佈，侵襲前之東南風與侵襲後之西南風二公里到八公里整層都很明顯，相對應之垂直擾動也與前述之情況類似，可惜登陸前後之九月七日因為斷電，所以沒有觀測資料可以分析。

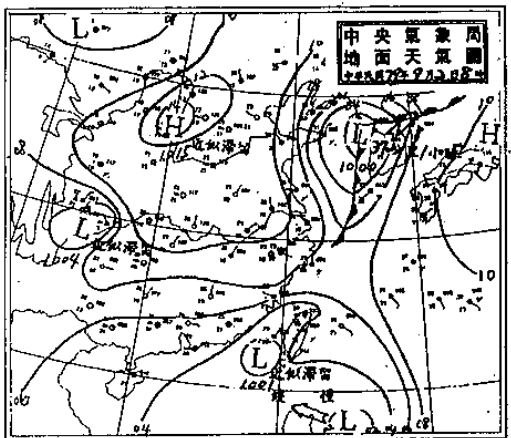
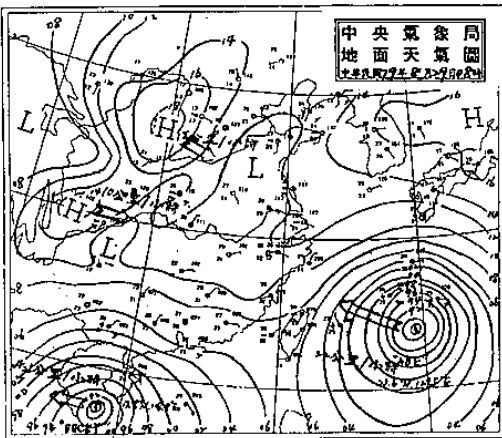
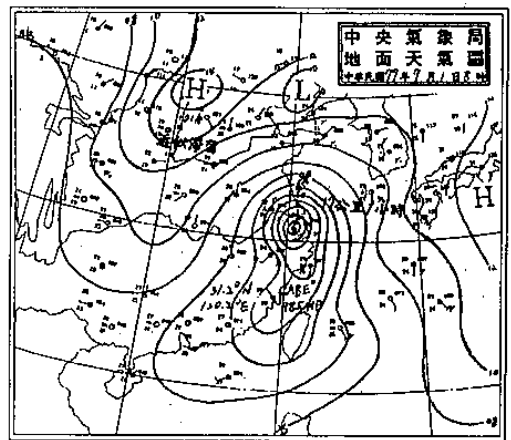
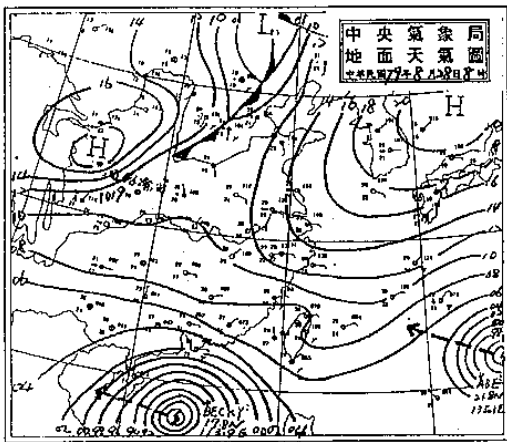
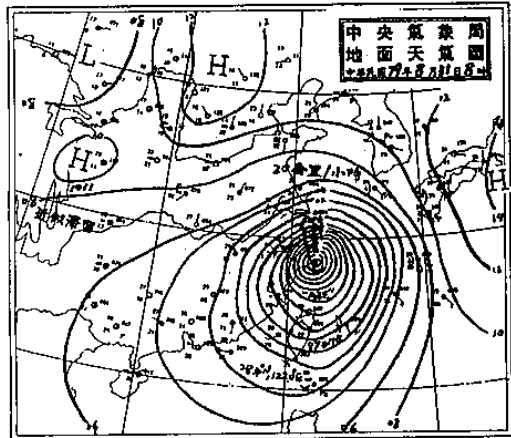
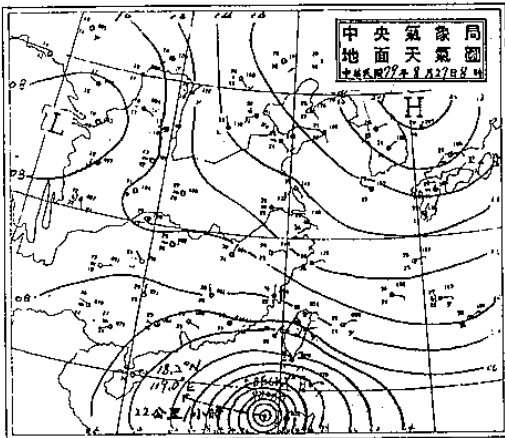
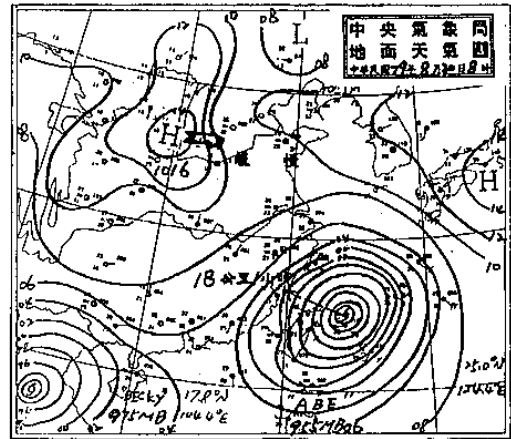
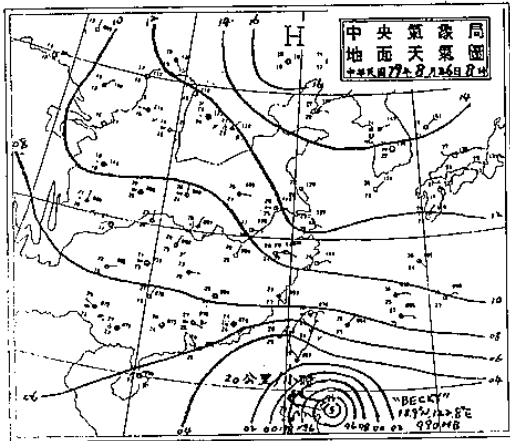
綜合而言，中壢特高頻雷達對颱風環流在單站上空細微的走時變化，可以有非常好的觀測分析，其中尤以垂直擾動之直接觀測更是其一大特色，希望將來能更廣泛的應用這些觀測資料於大氣結構或相關大氣現象之研究。

## 六、後記

中壢特高頻雷達是隸屬國科會中壢貴重儀器使用中心。在1990 T A T E X計畫中，貴儀中心人員及國立中央大學大物所、太空所全體研究生全力投入支援，使得雷達能日夜操作，特以誌謝。

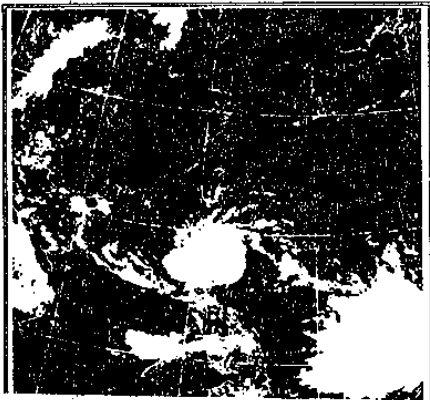
## REFERENCE

1. Briggs, B. H., The analysis of spaced sensor record by correlation techniques, in MAP Handbook, vol. 13, 166-186, 1984.
2. Hocking, W. K., P. T. May and J. Röttger, Interpretation, reliability and accuracies of parameters deduced by the spaced antenna method in middle atmospheric applications, Pure Appl. Geophys., 130, 571-604, 1989.
3. Larsen, M. F., and J. Röttger, The spaced antenna technique for Radar wind profiling, J. Atmos. Ocean. Tech., 6, 920-938, 1989.

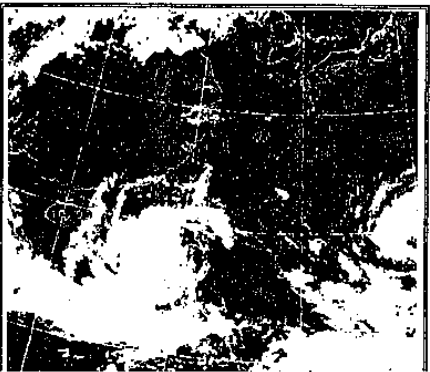


圖二 八月廿六日至九月二日的地面天氣圖

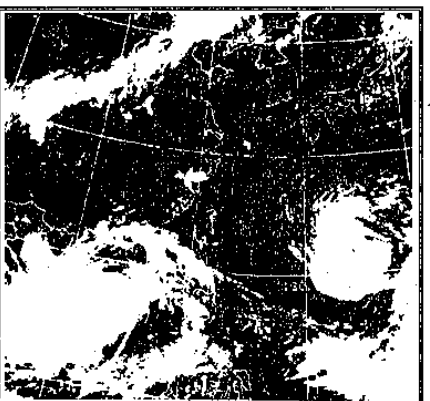
中華民國七十九年八月廿六日十一時可見光衛星雲圖



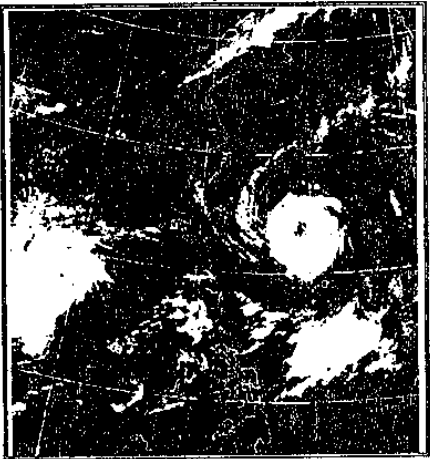
中華民國七十九年八月廿七日十一時可見光衛星雲圖



中華民國七十九年八月廿八日十時可見光衛星雲圖



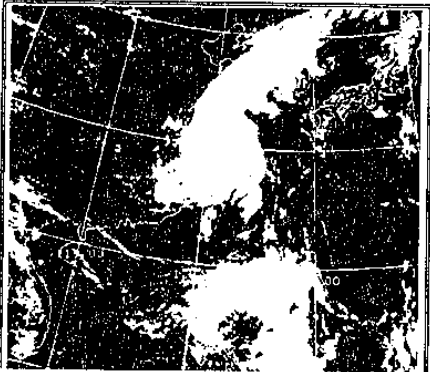
中華民國七十九年八月廿九日十時可見光衛星雲圖



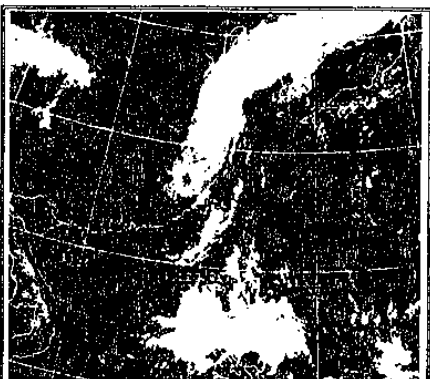
中華民國七十九年八月卅日十一時可見光衛星雲圖



中華民國七十九年八月卅一日十一時可見光衛星雲圖



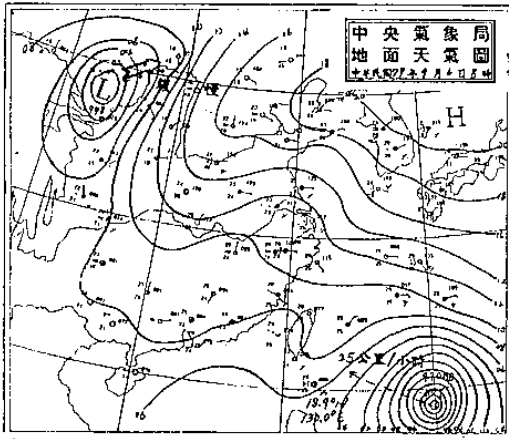
中華民國七十九年九月一日十一時可見光衛星雲圖



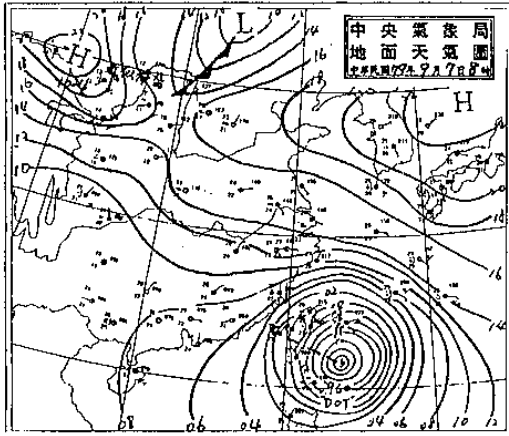
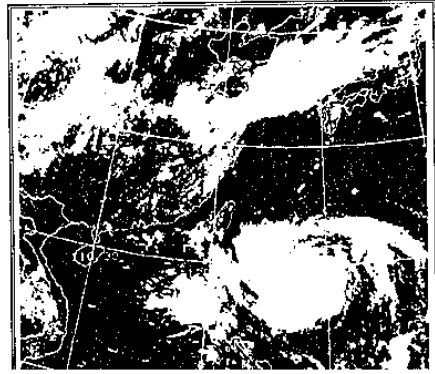
中華民國七十九年九月二日十一時可見光衛星雲圖



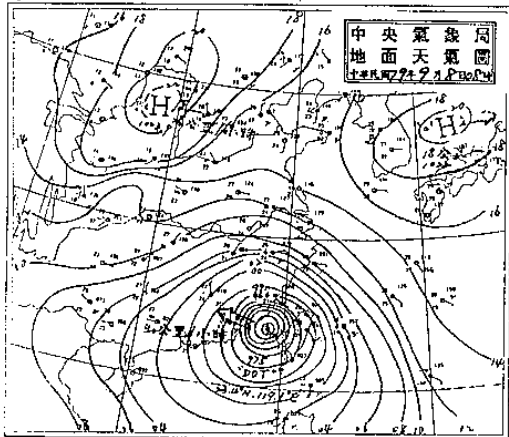
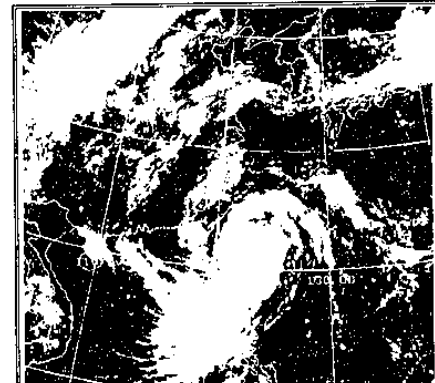
圖三 八月廿六日至九月二日的衛星雲圖



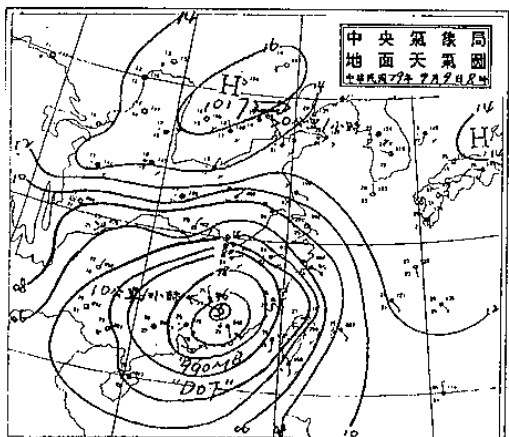
中華民國七十九年九月六日十一時可見光衛星雲圖



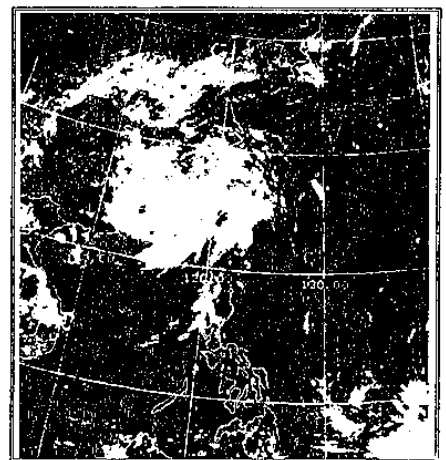
中華民國七十九年九月七日十一時可見光衛星雲圖



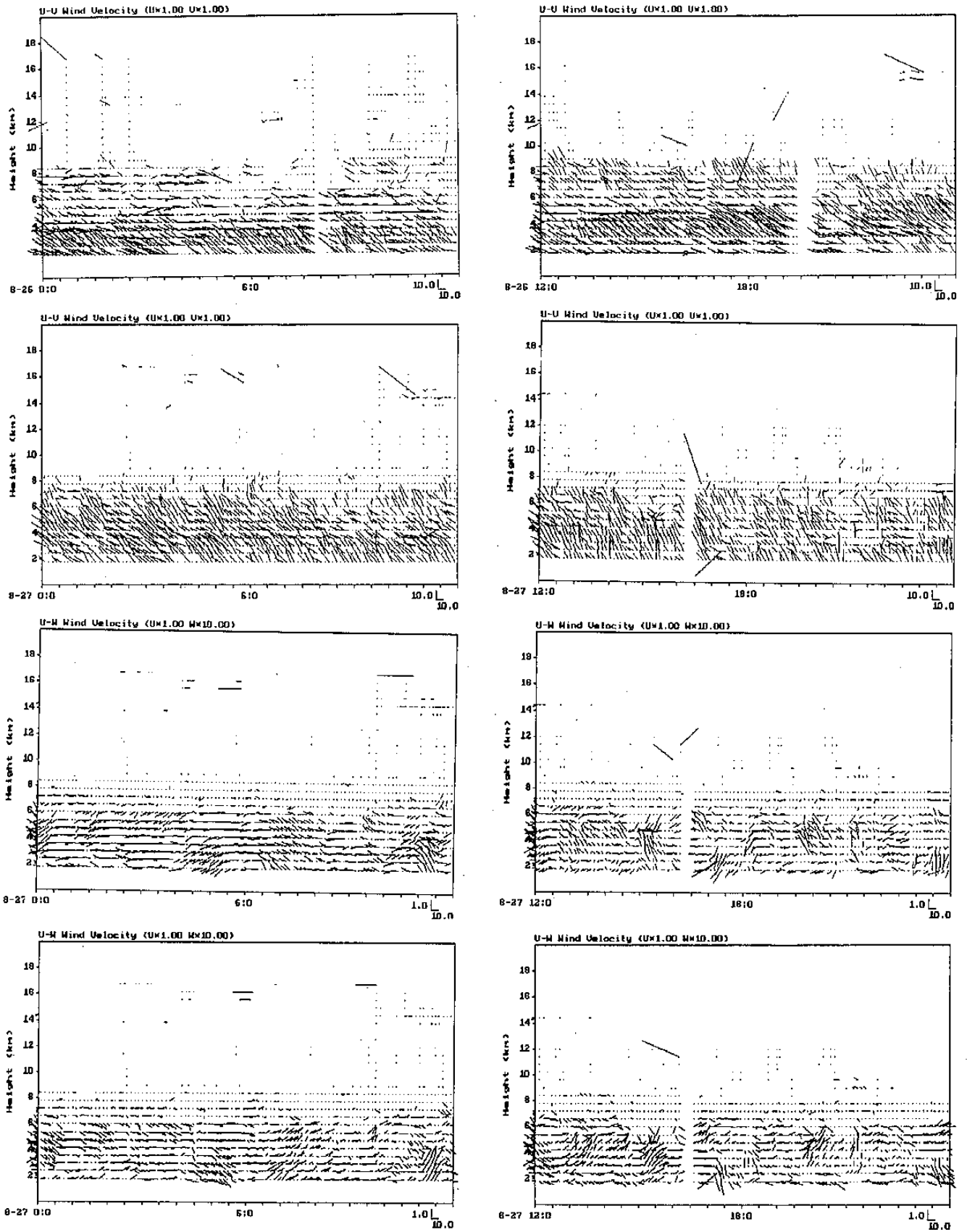
中華民國七十九年九月八日十一時可見光衛星雲圖



中華民國七十九年九月九日十一時可見光衛星雲圖

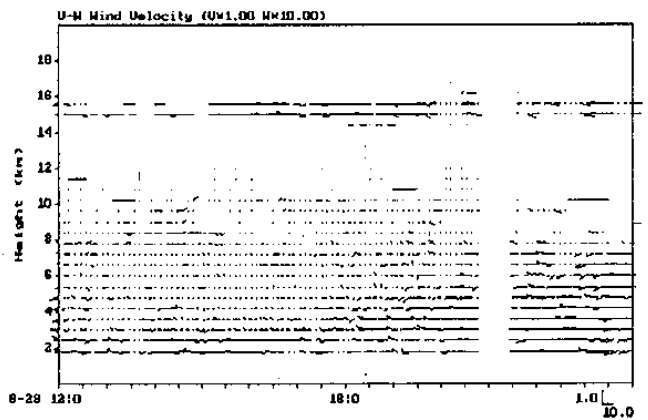
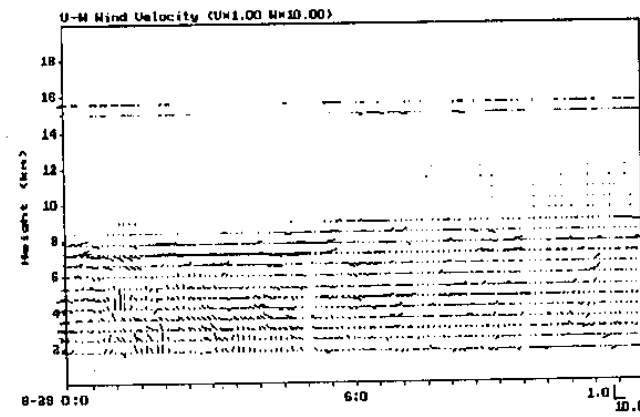
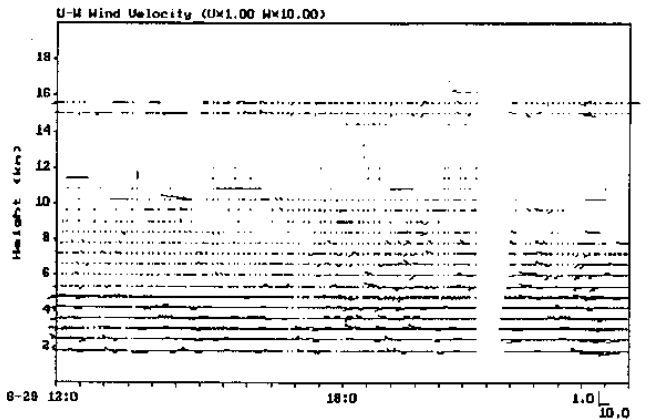
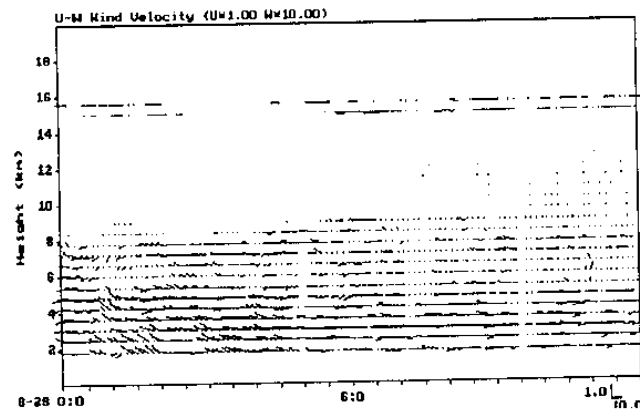
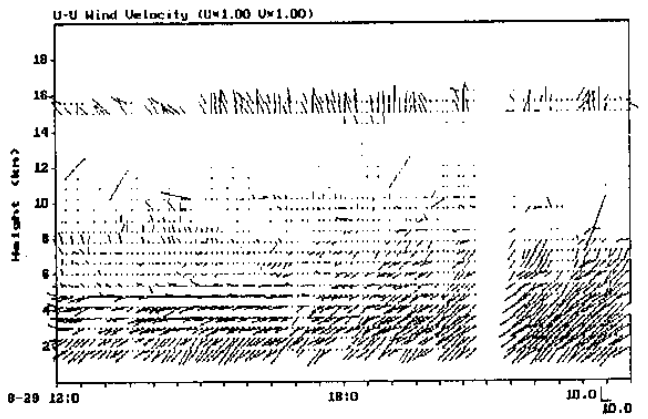
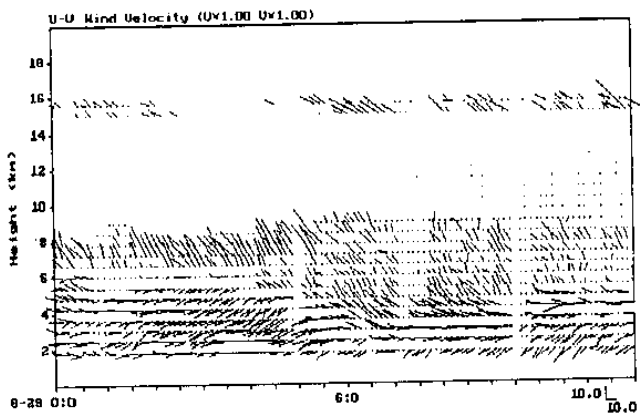
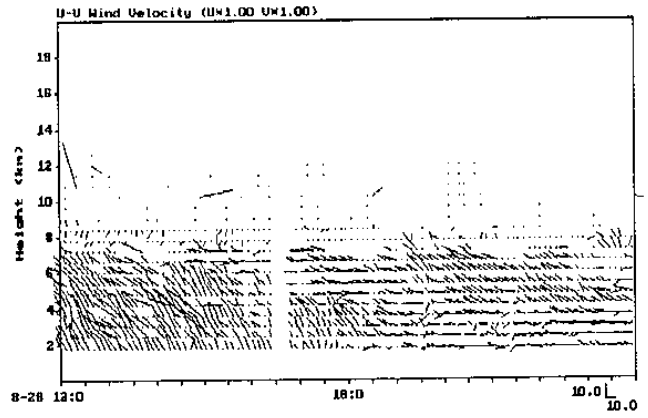
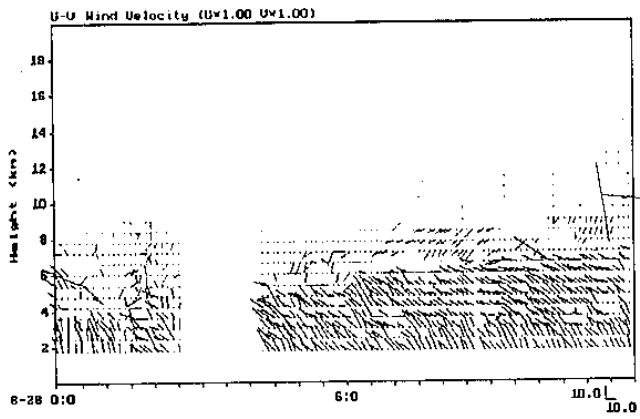


圖四 九月六日至九月九日的地面天氣圖以及衛星雲圖

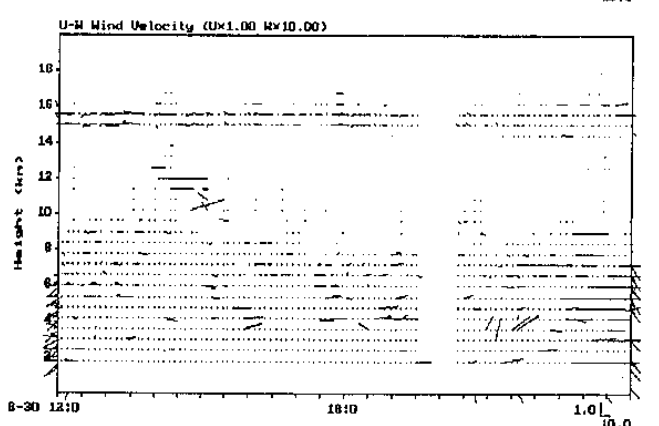
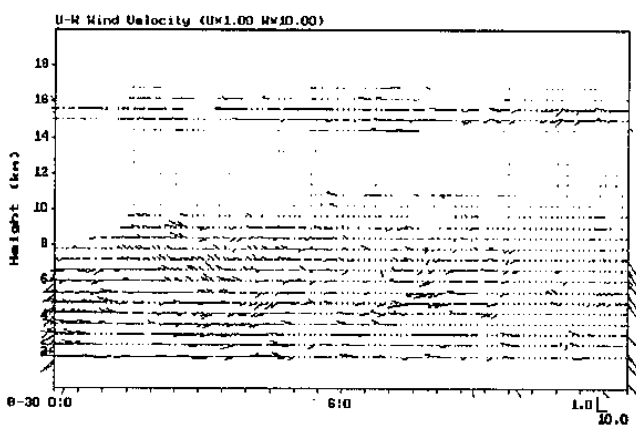
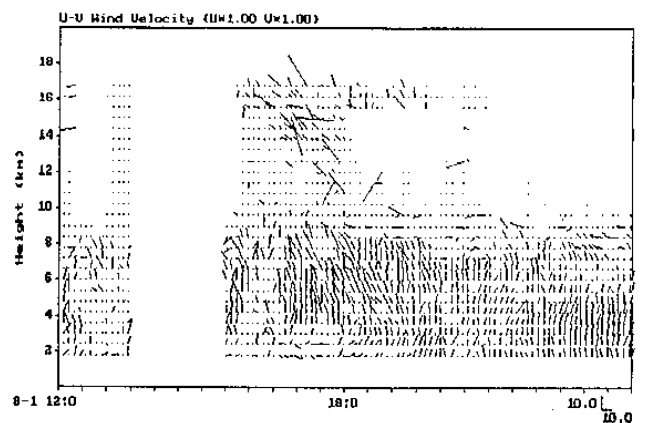
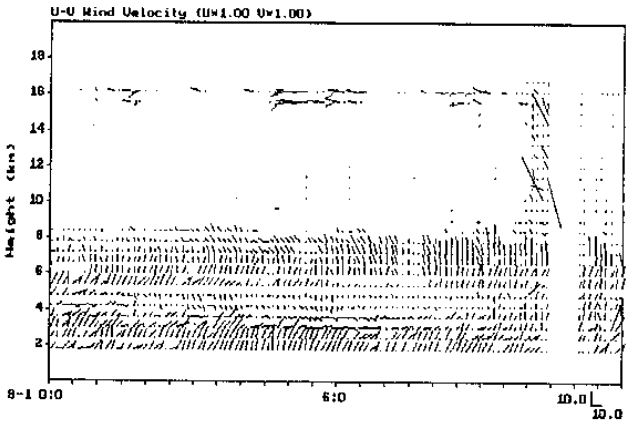
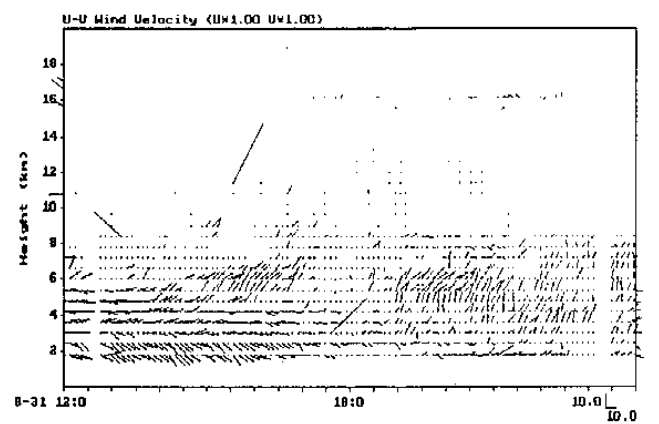
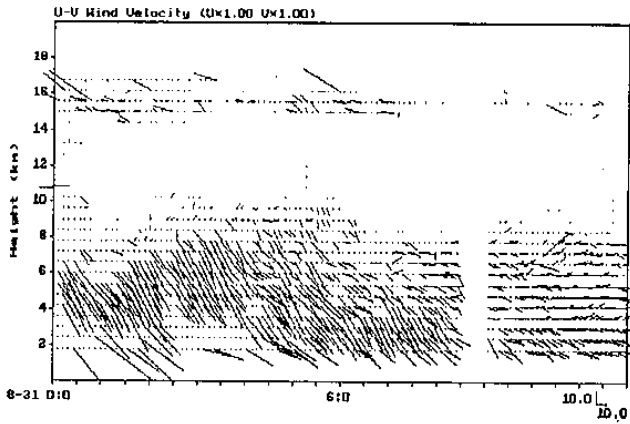
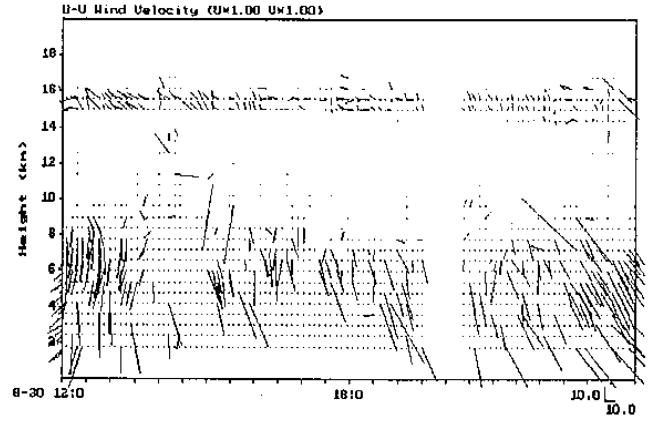
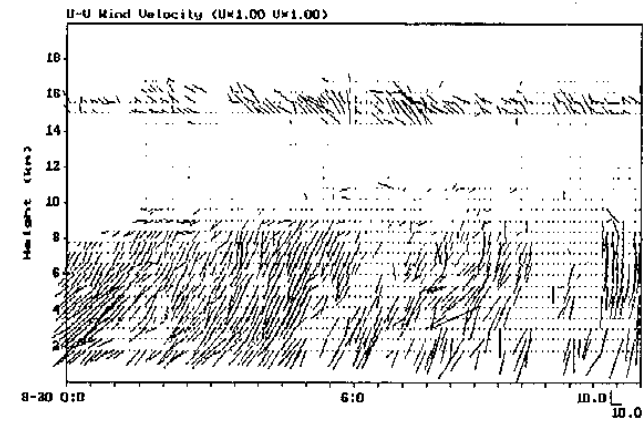


圖五 八月廿六日、廿七日中壠上空風場垂直分佈之走時變化

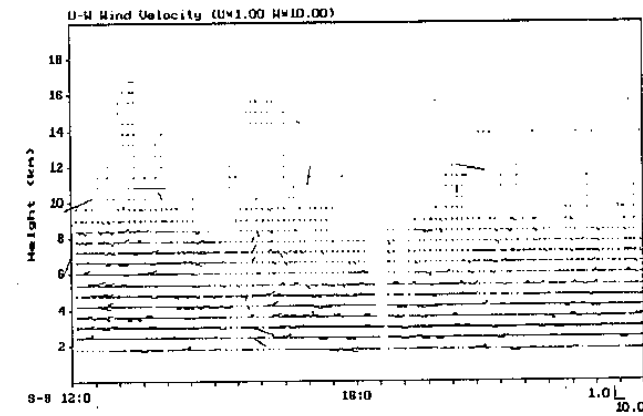
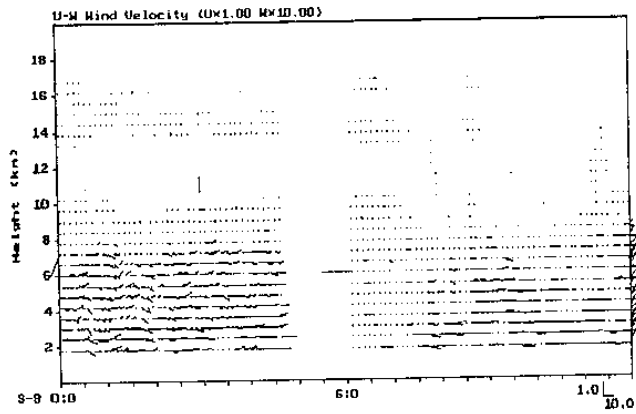
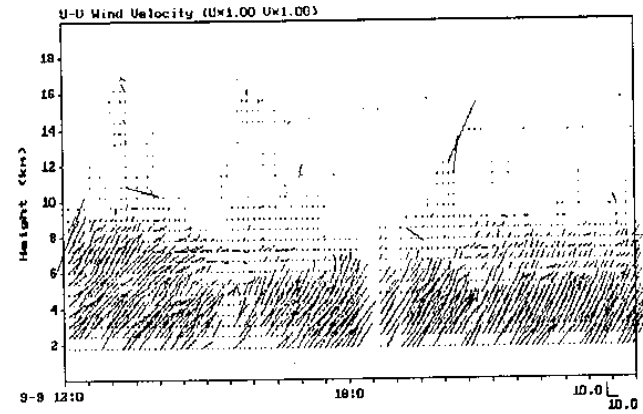
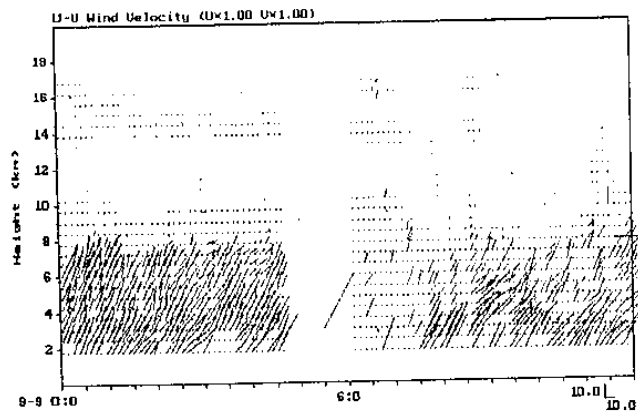
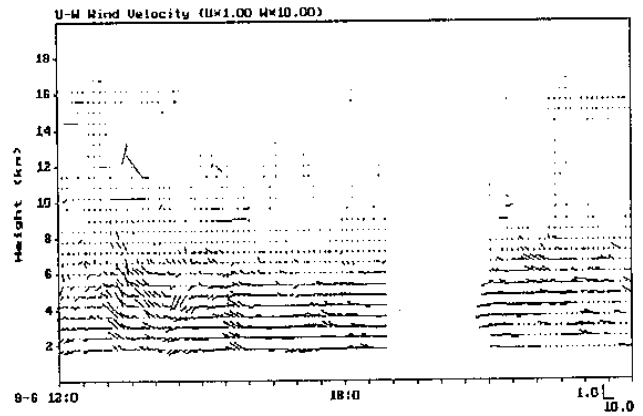
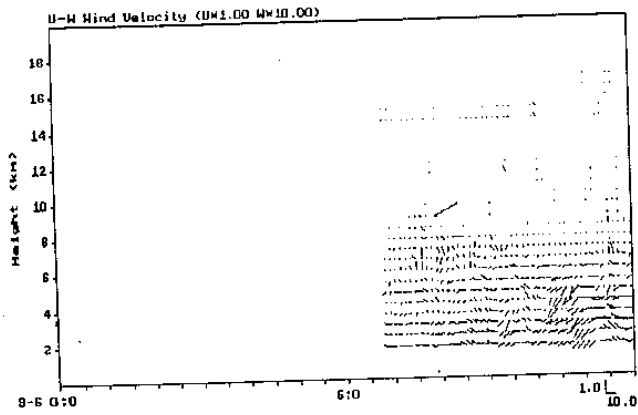
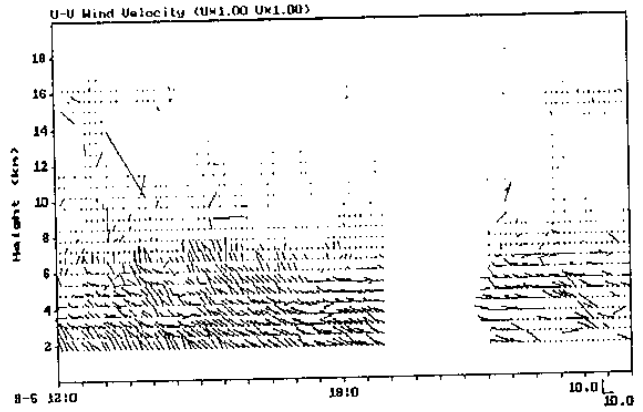
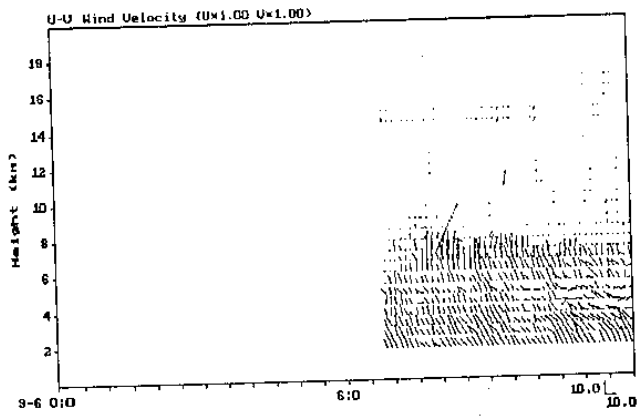




圖六 八月廿八日、廿九日中壢上空風場垂直分佈之走時變化



圖七 八月卅日、卅一日及九月一日中壩上空風場垂直分佈之走時變化



圖八 九月六日及九月九日中壢上空風場垂直分佈之走時變化

## Observations of Wind-Fields by Chung-Li VHF Radar during 1990 TATEX

S. -Y. Su\*, P. L. Lin\*\*, C. J. Pan\*\*, and C. H. Liu\*

\* Graduate Institute of Space Science,  
National Central University

\*\* Graduate Institute of Atmosphere Physics,  
National Central University

### ABSTRACT

During 1990 Taiwan Area Typhoon EXperiment (TATEX), Chung-Li VHF Radar observed the wind fields and echo power from 3 km to about 10km altitude. The time resolution of these data is about 7 minutes and the space resolution, 600 meters. Such a high time and space resolution data can be used to complement the rawinsonde data obtained during the experiment and to study the atmospheric circulation and fine structure changes during the Typhoon observation. Preliminary studies of Becky, Abe and Tate Typhoons are presented.