



Reprint 845

香港物流業氣象服務 - 回顧與前瞻

林鄭泗蓮、梁延剛

第 26 屆中國氣象學會年會

香港物流業氣象服務 – 回顧與前瞻

林鄭泗蓮、梁延剛
(香港天文台, 香港)

摘要

物流業是本港經濟的重要一環。天文台致力為物流業提供優質氣象服務，以協助保障其運作效率及安全。本文回顧了過去 20 多年對物流業提供的服務及前瞻未來服務發展的方向。文中亦簡介了近年天文台設立的嶄新服務 – 陣風預警的科學方法及產品。

1 引言

香港位於中國的南端，是沿岸城市，自開埠以來，航運業佔本港經濟的重要地位。近數十年，本港貿易迅速發展，貨櫃吞吐量從 1993 年的 9.2 百萬個標準貨櫃 (mTEU) 攀升至 2008 年 24.5 mTEU (圖一)。本港的貨櫃吞吐量，不僅在八十年代後期至本世紀初期為世界之冠，其貨櫃碼頭更以面積小而生產力高而聞名於世(文獻 [1])。維持高效率的貨櫃碼頭業務，其中重要一環是做好惡劣天氣的風險管理。為此，香港天文台長期為航運界提供氣象服務。

2 早期物流業氣象服務

自 1985 年，天文台已為貨櫃業界提供專門的氣象服務，主要集中於有關抵禦熱帶信旋的警告服務。當時透過電報，提供以下的服務，包括 1) 當熱帶氣旋集結在天文台監察範圍內 (北緯 10-30, 東經 105-120) 時，提供每 3 小時的熱帶氣旋路徑，及未來數天的熱帶氣旋強度預測，以助業界計劃貨輪在南中國海的航行路線；2) 本港地區的熱帶氣旋警告及特別報告，以助貨櫃碼頭公司作出開放及關閉碼頭的決策。此外，貨櫃碼頭控制單位會與預報員利用電話，直接進行有關天氣情況及熱帶氣旋警告信號變化的諮詢。天文台亦提供專業意見及協助貨櫃碼頭公司在碼頭範圍內建立風速站，共用該站的風力資料。從 90 年代起，隨著通訊科技的進步，已由傳真代替電報傳送服務。天文台開始在 1996 年首次提供以網路為基礎的天氣資訊服務系統

(WISE)，並在 2000 年開始提供檔傳送協議 (FTP) 服務。

同一時期，由於數值預報模式科技不斷改善及集成技術的應用，天文台提供的熱帶氣旋路徑預報的準確度有所進步，熱帶氣旋服務的質素亦有所提升。24 小時位置誤差由 80 年代的平均 200 公里減為 2000 年後的平均 130 公里。48 小時位置誤差則由 80 年代的平均 420 公里減為 2000 年後的平均 230 公里 (圖二 a)。比較傳統的氣候及持續 1/2(P+C) 方法來預測位置，天文台的預報位置較為優勝。近年天文台的位置誤差約是 1/2(P+C) 方法的一半 (圖二 b)。

除了熱帶氣旋外，強對流的天氣引發的猛烈陣風，對貨櫃碼頭起卸貨物，亦構成一定的風險。隨著經濟生產步伐加速，區域內貨櫃業競爭激烈，臨近天氣預報，包括為急劇惡化的天氣提供預警，對貨櫃碼頭分秒必爭的運作模式，日趨重要。

3 2005 年 5 月 9 日颶線個案

一道低壓槽在 2005 年 5 月 9 日影響華南沿岸地區，本港天氣持續不穩定。當日中午與該低壓槽相關的強烈颶線橫過香港，為本港帶來大雨，雷暴及強烈狂風，天文台發出雷暴及黃色暴雨警告，提醒市民有狂風雷暴。當日部份地區錄得每小時超過 50 毫米的雨量而最高的陣風在葵涌錄得，達每小時 135 公里 (圖三)。從葵涌站當日的風速記錄圖可見，當颶線未到達前，在地面低壓槽附近的環境風速小，而陣風亦弱，當颶線到達時，風向突轉西北 (垂直於東北-西南走向的颶線)，瞬間陣風強度急促上升，但強陣風只維持數秒，這現象俗稱「西北石湖風」。香港各區在颶線橫過時錄得的最高陣風可從圖四看到，陣風強度因地而異，颶線的移動速度大約是 22 米/秒 (43 海里/小時)。大雨及強烈狂風持續約兩個多小時。

在惡劣天氣下，部分在葵涌及青衣貨櫃碼頭疊起的貨櫃被吹倒 (圖五)，導致一人死亡，兩人受傷。本港亦有超過 100 宗樹木及棚架倒塌報告，其中在九龍塘發生的塌樹及在新蒲崗發生的棚架倒塌事件導致九龍交通陷於停頓，維持至當晚，影響甚廣。

事後香港特區政府就交通及救援應變作出檢視並設立改善措施。

貨櫃業代表亦請求天文台提供陣風的資訊，讓貨櫃碼頭營運商能及時作出決定，採取預防措施，保障運作安全。

4 監測陣風的工具及服務

香港天文台與貨櫃業界代表緊密合作，並盡力滿足他們的要求。在短短幾個月內，天文台開發了一個陣風警報板面 (gust alarm panel)，讓用戶能即時監測在香港境內出現的陣風強度(圖六)。陣風警報板面是以網路為基礎的工具，附於天文台為專門用戶而設的天氣資訊系統(WISE)上。它展示由天文台操作的 19 個風速計站的風力及陣風資料，每 5 分鐘更新一次。當任何一個風速計站所錄得的陣風超越警界線時，便會觸發視聽警報。由於颱風引發的猛烈陣風，一般都比較高速橫過香港，因此這工具僅能提供數分鐘至數十分鐘的預警。

專門用戶(包括貨櫃碼頭營運者)可透過 WISE，取得以上產品以及雷達資料和閃電定位資料。天文台亦為操作人員提供培訓課程，幫助他們利用這些工具，提高對強雷暴天氣的警覺。此外，天文台加強向公眾發佈強烈陣風資訊。當錄得或預測的雷暴陣風達每小時 70 公里或以上時，便會在雷暴警告中加入有關資訊。

5 預報陣風技術的發展

除了監測陣風的工具，天文台亦積極發展預報強對流陣風的技術，目標是為預報員提供預測雷暴引發的最高陣風的定量指引。

5.1 應用探空儀資料計算地面最高陣風

天文台根據文獻 [2] 及 [3] 的研究，因應香港情況作出修訂，利用溫熵圖來估計由下擊暴流引致的最高地面風速，加上環境水平動量從 700 百帕層向下傳遞來估計雷暴最高陣風值。所採用的方程如下(文獻 [4])：-

$$\text{最高陣風} = WI + U_{700}$$

WI 的單位是海里/小時

$U_{700} = 700$ 百帕層的風速 (海里/小時)

$$WI = 5[H_m R_q(\Gamma^2 - 30 + q_1 - 2q_m)]0.5$$

H_m = 融化層離地面高度 (公里)

Γ = 由地面至凝固層的直減率 (K/公里)

q_1 = 最低層離地面一公里的平均水汽混合比 (克/千克)

q_m = 融化層的水汽混合比 (克/千克)

$R_q = [1, q_1 / 12]$ 的最大值

以上方法包括在熱力學上考慮下擊暴流的能量，加上動力學的考慮，把水平動力動量從融化層 (約為 700 百帕) 垂直向地面傳送來估計雷暴最高陣風值。測試結果顯示在三個颶線個例中，估計的最高陣風值與實況觀測的數值，差距均在 10% 以內。

5.2 利用雷達及探空儀資料預報最高陣風的產品

此產品是與天文台的臨近預報系統「小渦漩」(SWIRLS) 溶合而研發出來的，在北京 2008 預報示範專案(B08FDP)初次應用，於 2009 年在預報中心開始業務上試行運作。

產品運用了雷達及探空儀的資料來估算最高陣風值，以氣團先進行雨點蒸發的等壓冷卻 (isobaric cooling)，然後假絕熱 (pseudo-adiabatic) 下降來模擬下擊暴流，得出下擊暴流對流可用位能 (downdraft convective available potential energy，簡稱 DCAPE)。地面的最高陣風值 V_s 計算如下：

$$V_s^2 = V_H^2 + DCAPE + U_{load}$$

U_{load} = 下擊暴流水柱的引力位能，可用雷達觀測的垂直累積液態含水量 (vertically integrated liquid water，簡稱 VIL) 作估算

V_H = 下擊暴流起源高度的水平風速，高度通常以降水的溶解高度計算，即濕球凍結高度 (wet-bulb freezing level)

DCAPE 及 v_{th} 兩者都以最新的探空觀測資料來作估算，詳情可參考文獻[5]。「小渦漩」在香港 256 公里範圍（雷達範圍）內辨認 VIL 大於 5mm（從經驗得出）的區域為下擊暴流位置及利用上述公式計算下擊暴流引發的地面最高陣風值。從經驗得知，為了提供較實際的 v_s 值，需要將 DCAPE 的上限設定為 12 米/秒的平方。應用上述的程式，配合下擊暴流細胞的分析位置與移動外推，可預測未來下擊暴流的位置及其最高陣風。

從 2007 年的雷暴個案，以香港境內自動氣象站的觀測資料來驗證「小渦漩」最高陣風預報。結果顯示成功率（probability of detection，簡稱 POD）達 80% 而平均預報超前時間（lead time）約 30 分鐘，平均誤差為 5.5 米/秒 但虛報率（false alarm ratio，簡稱 FAR）則高達 84%。雖然虛報率較高，但這個臨近預報產品給預報員提供了有用的指引。

6 2009 年 3 月 5 日強烈陣風的預警

3 月 5 日的一次強對流天氣過程中，「小渦漩」陣風預報工具能為預報員提供有用的提示，令預報員能夠向天氣資訊系統的用戶，提供超過一小時的預警時間。

一道冷鋒 3 月初在內陸形成，預報模式均預報冷鋒於 5 日移向廣東沿岸。從雷達圖片上可以清楚見到與冷鋒相關的飈線，穩定地向東南移動影響香港(圖七)。而「小渦漩」的暴風指示器（severe storm viewer）可以分析到強陣風達每小時 100 公里(圖八)。綜合以上有關資料，預報員當時評估到對流天氣引發的強陣風即將影響香港，約於正午時左右利用電話及天氣資訊系統(WISE)，向特別客戶及政府部門，發出強陣風預警。飈線於 13 時 30 分至 14 時 40 分橫過香港，引致境內出現每小時超過 80 公里的強陣風。由於有較長的預警時間，部分貨櫃碼頭業界能及時作出應變，大大減輕損失。不過今次事例亦顯示有些貨櫃場公司，對對流天氣引發陣風的警覺性仍不足夠，有待改善，才能減至零損失。

7 未來陣風預警服務的發展

隨著科技的進步，預報陣風的準確度將會有所提升，預警將趨向高成功率及低虛報率的目標。此外，預報技術的拓展有助延長預警的超前時間，提供較多時間給物流業用戶作出適當的應變。

除了考慮預報的準確度外，預警的發放方法亦會趨向多元化以切合不同用戶的需要。除電視、電台、傳真、電話等傳統媒介外，流動短訊 (SMS) 及流動上網等方法能令使用者隨時、隨地及隨身接收到資訊，第一時間作出反應。

當然，預警服務是要切合客戶的需求，與客戶的溝通是不可或缺的。加強對用戶的培訓，提高他們的防災警覺性，才能減低惡劣天氣所做成的破壞力以及對經濟活動的影響。

陣風預警服務不但對物流業有用，其他的相關行業例如建築業、海事等亦會大派用場。推廣服務至不同行業，能減低香港因陣風而引致的傷亡。

8 總結

物流業是本港經濟的重要一環。20 多年前，天文台已為貨櫃業界提供專門的氣象服務。近年，天文台致力在多方面提升了服務質素，除了與用戶作緊密聯繫，加強溝通，聽取需求外，還利用嶄新科技設立新服務，提供與雷暴相關連的陣風預警便是其中一例。

為了減低由天災引致的傷亡，天文台會繼續加強培訓，使用戶正確認識天文台不同類型的產品及提高他們的防災警覺性，提升對惡劣天氣的風險管理效率。

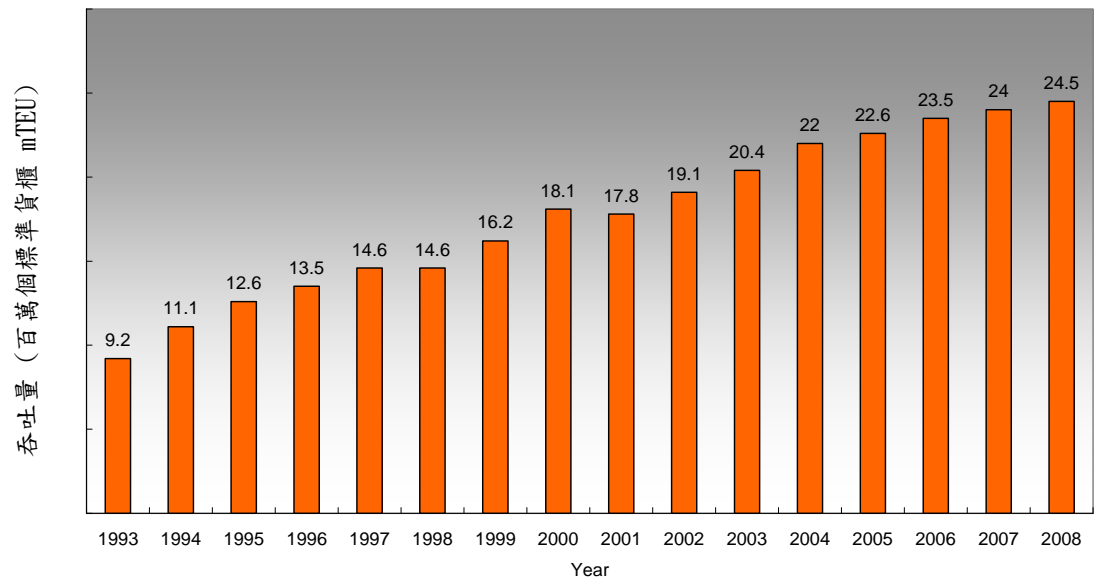
隨著社會不斷進步，客戶的要求愈來愈高，對提供服務的氣象機構來說構成不少壓力。但從正面的角度來看，這些要求若能配合科技發展的步伐，可促進氣象事業的發展。

鳴謝

本文作者感謝香港天文台台長李本澄博士及助理台長衛翰戈先生的寶貴意見。

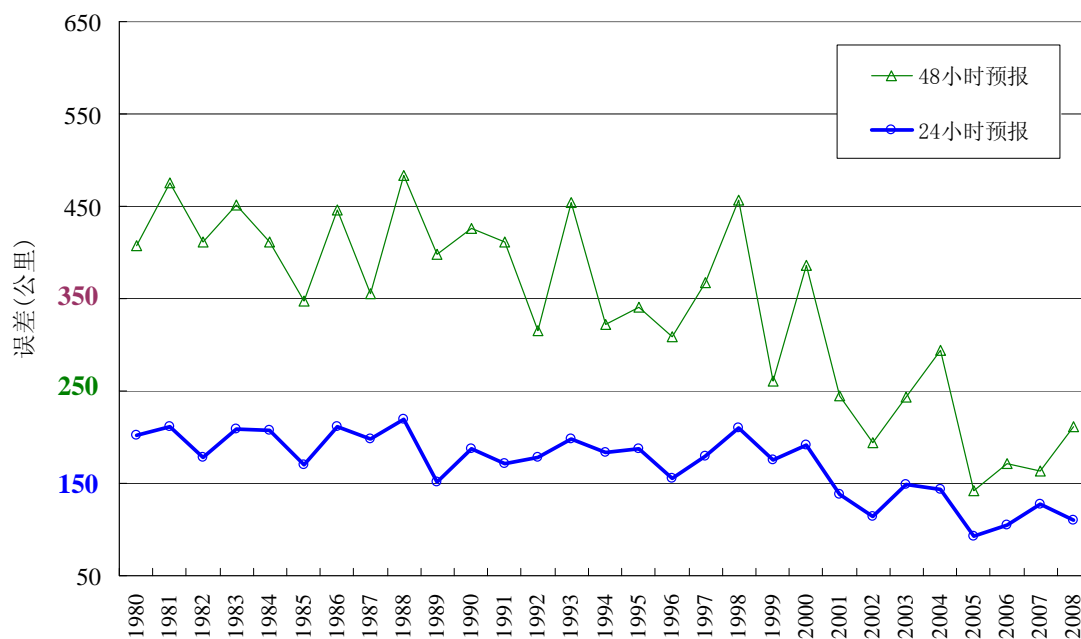
參考文獻

1. The port of Hong Kong, Handbook & Directory 2009, 72pp.
2. McCann, D.W., 1994: WINDEX - A new index for forecasting microburst potential. *Wea. Forecasting*, 9, 532-541.
3. Greets, B., 2001: Estimating downburst-related maximum surface wind speeds by means of proximity soundings in New South Wales, Australia. *Wea. Forecasting*, 16, 261-269.
4. 林靜芝、林廊泗蓮，2006：與雷暴、熱帶氣旋及季候風相關的強陣風分析，第二十屆粵港澳氣象科技研討會，中國澳門，2006年1月18-20日。
5. H.Y. Yeung, S.T. Lai and K.Y. Chan, 2008: Thunderstorm downburst and radar-based nowcasting of squalls. Presented in the Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Helsinki, Finland, 30 June-4 July 2008.

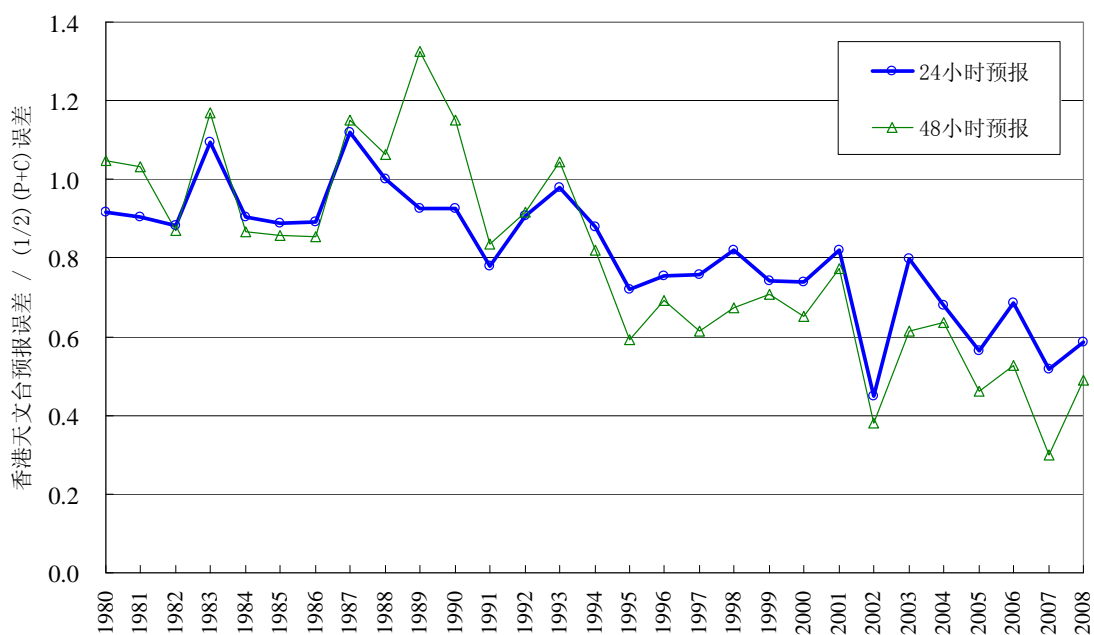


年份

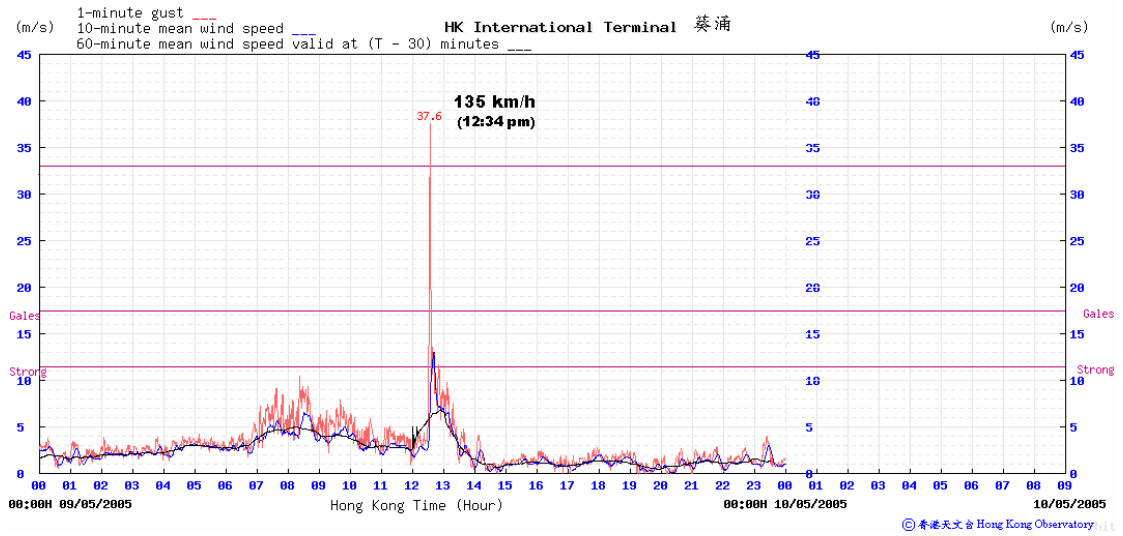
圖一：香港的貨櫃吞吐量



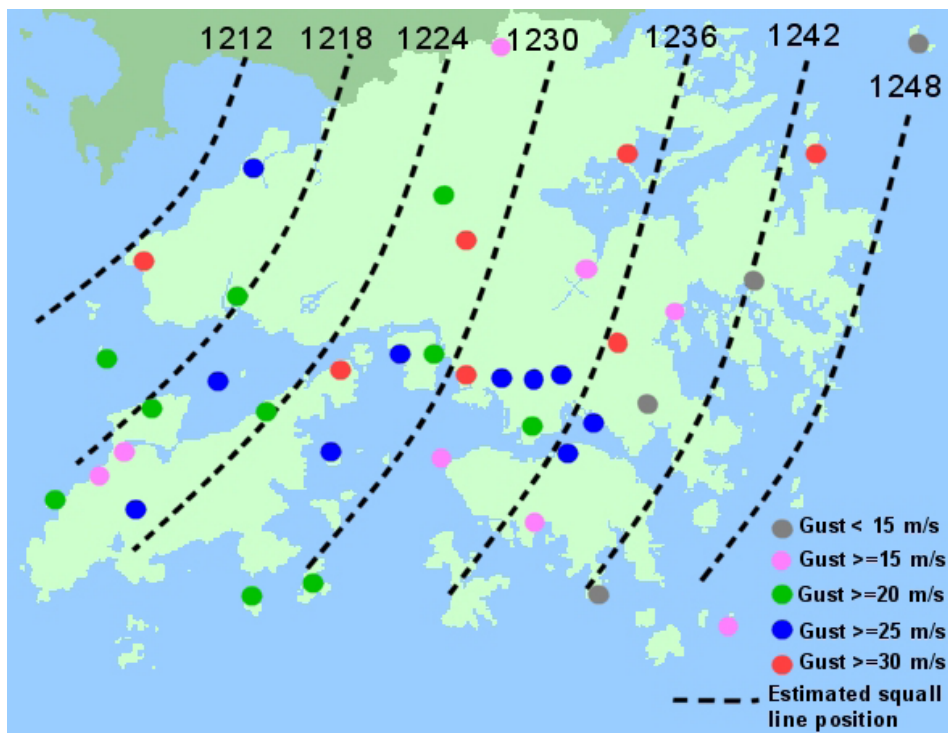
圖二 a：香港天文台曆年熱帶氣旋路徑誤差



圖二 b：香港天文台曆年熱帶氣旋路徑誤差與 1/2(P+C) 方法得出的誤差之比較



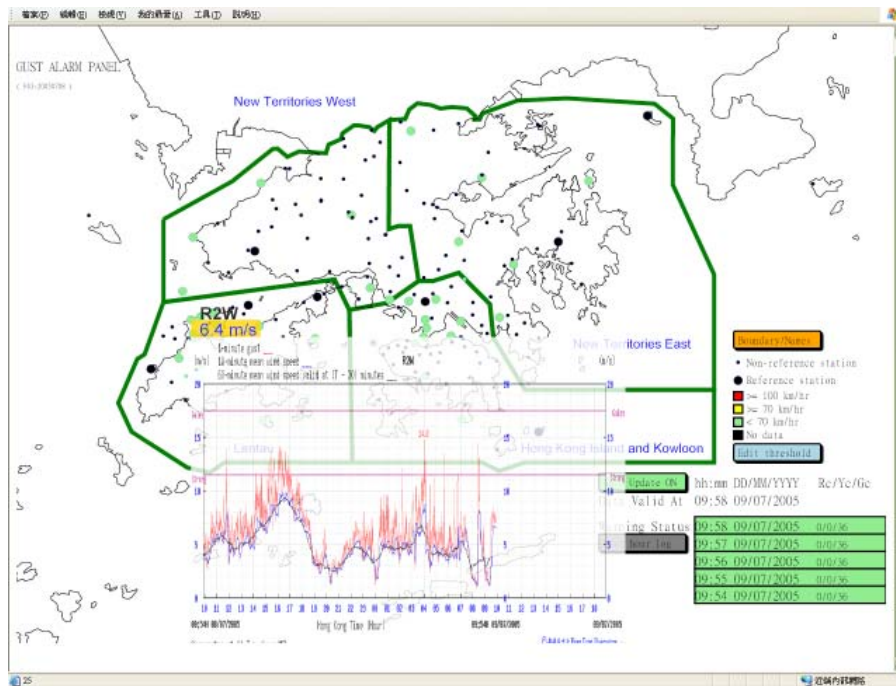
圖三：葵涌站在 2005 年 5 月 9 日颶線橫過香港時的風速記錄圖



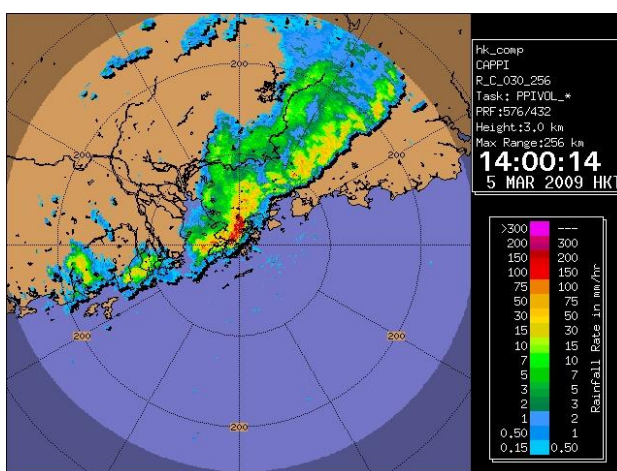
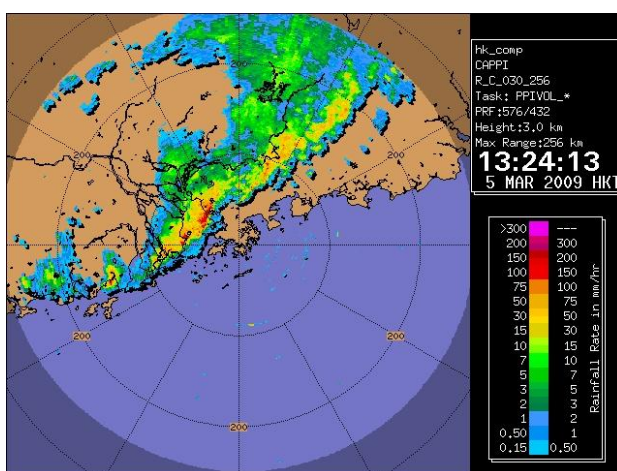
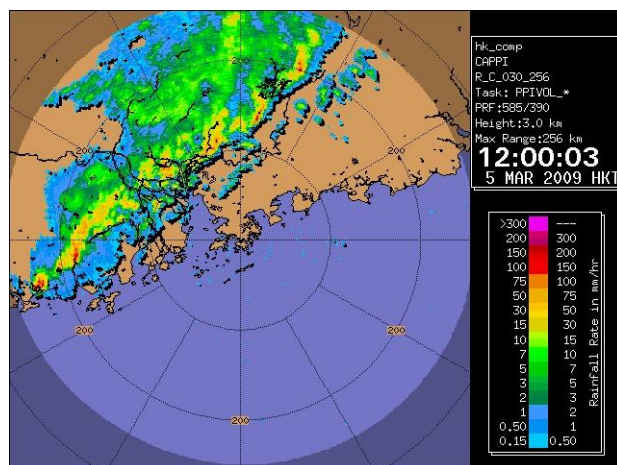
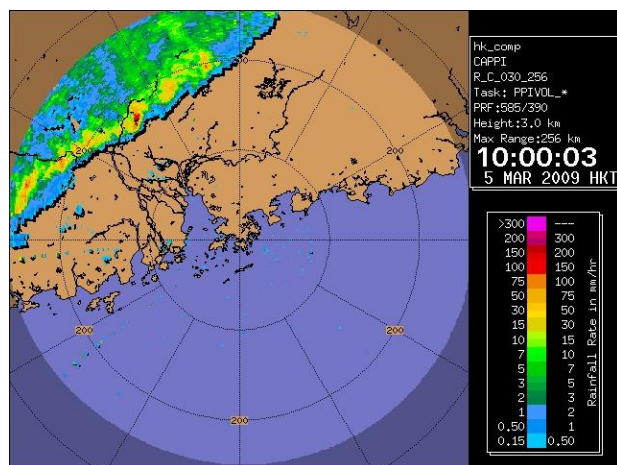
圖四：在 2005 年 5 月 9 日 12 時 12 分至 48 分，颶線橫過香港時各區錄得的最高陣風



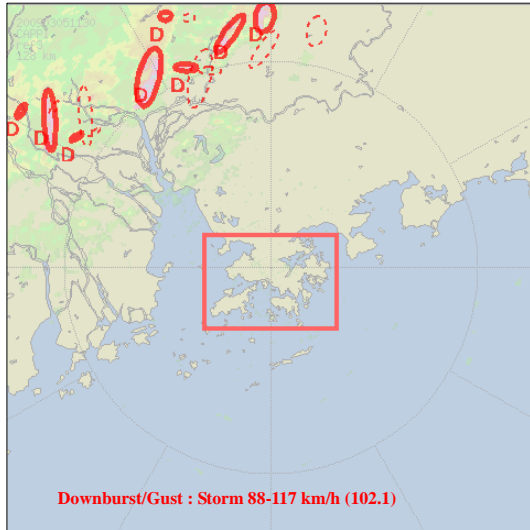
圖五：雷暴的強陣風吹倒了貨櫃碼頭疊起的貨櫃（由文匯報提供）



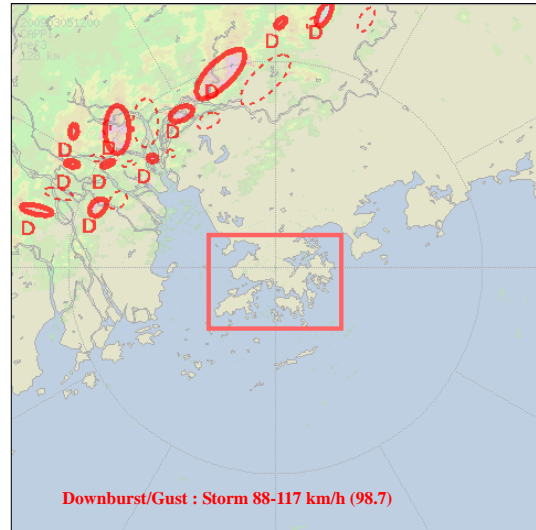
圖六：天文台開發的陣風警報版面（gust alarm panel）樣本



圖七：天文台雷達圖片顯示在2009年3月5日(10時到12時)與冷鋒相關的飈線，穩定地向東南移動影響香港



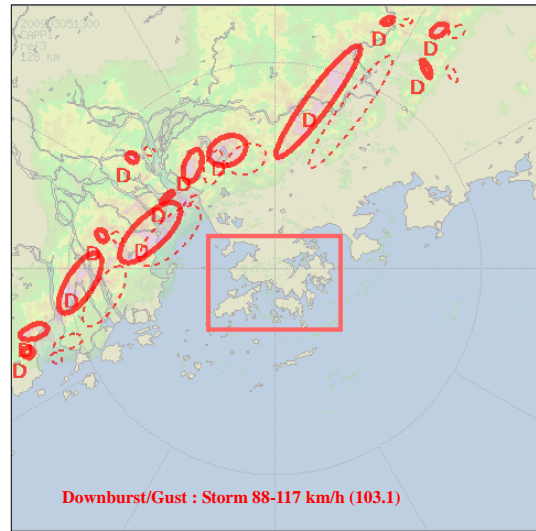
3月5日 11時30分



3月5日 12時正



3月5日 12時30分



3月5日 13時正

圖八：「小渦漩」的暴風指示器 (severe storm viewer) 在 2009 年 3 月 5 日可以分析到每小時達 100 公里的強陣風。紅色實線有“D”標記為下擊暴流或強陣風影響的範圍，相關虛線為 30 分鐘後其預報位置