

應用衛星資料估算颱風侵襲台灣地區之最大風力

潘大綱 呂貴寶

空軍氣象中心

(2002 年 2 月 2 日收稿；2003 年 2 月 20 日定稿)

摘 要

台灣地區天然災害中造成民生影響最甚者，尤以每年侵襲本省陸地之侵台颱風為最。颱風所帶來之強風豪雨，不僅影響水文、交通及經濟，亦對民生活動造成甚大之威脅。近年來颱風之強風豪雨更造成了土石流、坍方，使本省局部地區地貌出現顯著之改變。是故，若能在颱風侵襲前對其所產生之強風及累積雨量合理地予以估算，不僅可提供防災之重要訊息，對於區域性水文及航空之應變作為亦可提供珍貴的數據參考。

由於台灣中央山脈中尺度地形之特殊特徵，使得在颱風侵襲過程中，無論降雨量或強風在時空上均出現了相當大之差異，這不僅突顯颱風本身結構、發展與地形之交互作用對災害發生間有密切的關聯，其侵台時之路徑、強度與環流大小更直接影響災害之深度及廣度。

前人研究中已充分顯示環境條件之變化與颱風環流結構之強度變化及移動息息相關，遺憾的是這些重要過程往往發生在各種傳統觀測資料不足的寬廣海洋上；研究相關問題時，衛星資料顯然在時空解析度之綜合考量下成為最佳之資料來源。過去研究中，運用定性評估或定量分析之研究不勝枚舉，如 Dvorak 等，但是至今對於如何估擬侵台颱風之降雨量與風力卻始終是氣象作業人員極欲突破的重要關鍵。本研究為應用同步氣象衛星 GMS-5 之紅外線影像資料配合本省各地之實測風速紀錄，針對不同侵襲來向之颱風，利用統計迴歸方法，建立颱風最大風速估算模式，以為作業時之參考。

本研究結果發現，各侵台颱風之衛星影像參數對颱風侵台時各地風力的相關性中，以西行颱風之相關性較高，若以安珀颱風驗證，兩者相關性可達 68%；北上颱風各參數對風力之相關性則顯著偏低，但其中之 200 公里樣本區內之平均（最低）溫度及雲面積對風力之相關較高；若以娜克莉颱風來驗證，上述之相關性則為 58%。

關鍵詞：複迴歸分析、統計預報模式、衛星資料、風力、降雨估算

一、前言

颱風是危害台灣地區最嚴重的天然災害之一，隨著台灣經濟及科技之日趨發達，天然災害帶來的災損卻愈趨嚴重(Ma et

al., 1999)。依據最近的研究結果顯示，準確的預報與適時發布警報對減輕災害造成的損失是同等重要的(Sui et al., 2002)。

依據過去二十年氣候統計資料顯示，

平均每年約有 3.7 個颱風侵襲台灣地區，不論颱風是否登陸或登陸地點為何，伴隨颱風之強風豪雨均嚴重地影響民生活動，甚至威脅生命財產安全；雖然應用衛星影像資料可以解析諸如螺旋雲帶、眼牆、颱風眼直徑及雲系對稱性等颱風結構特徵，但中央山脈之中尺度地形特徵卻使得颱風風力及降雨預報變得尤為複雜。

毫無疑問地，颱風強度與其對環境產生之風力及降水間具正相關性，其對流系統除了加強二次環流外，更提供第二類條件不穩定 (CISK) 過程中之有利條件。

本研究乃應用紅外線衛星影像資料反演颱風之對流結構雲系諸參數 (Griffith et al., 1978)，透過多重線性迴歸建立颱風風力之估算模式，並探究侵台颱風中各風力相關參數在衛星影像資料上之特徵，並逐漸修正落實於颱風風力預報作業中。

二、資料分析

本研究中之衛星影像資料為日本同步衛星 GMS-05 中之紅外線第一頻道資料 (10.5 ~ 11.5 μm)；地面實測資料為颱風侵襲期間之各地風力資料。為配合美軍聯合警報中心所發布之資料並參照本軍颱風資料報告，本研究選取每六小時一次之同步衛星影像資料；地面實測風力資料則以空軍及中央氣象局觀測站之觀測資料為主，選取時間及選取方式則以六小時內各樣本區之最大值做為對應每六小時衛星觀測樣本之實測值。地面樣本區域畫分為北、中、南及東部四區；北部地區包含松山、桃園、中正及新竹等測站，中部地區包括台中、清泉崗及嘉義等測站，南部地

區包括台南、岡山、高雄及屏東等測站，東部地區則包括宜蘭、花蓮及台東等測站。

颱風侵襲期間，因颱風引起之強陣風對民生、飛航及空軍戰備之危害甚為迫切且通常又為軍方作業之重點，因此有關風力之評估則採最大風力為準，換言之，本研究之實測風力是用六小時內曾出現之最大陣風為代表時段內之實測值。

長久以來，許多學者相信侵襲台灣地區之颱風特性隨其行經海域之不同而有所差異，這種現象又常表現於颱風雲系結構上，因此，本研究將實際暴風半徑到達台灣地區之颱風樣本區分為兩類，即西行颱風及北上颱風兩類，在個案選取上共選取九個西行颱風及七個北上颱風為樣本個案 (潘、呂，2002)。

在衛星參數方面，本研究共選取平均亮度溫度 (mean brightness temperature)、亮度溫度之標準偏差 (standard deviation)、最低亮度溫度 (minimum brightness temperature)、小於 235k 之雲面積 (A235) 及小於 210k 之雲面積 (A210) 等五項參數。同時，本研究更分別以颱風眼為中心向外 25 公里、50 公里、100 公里及 200 公里等範圍為衛星樣本研究區，並分別在四個區域內分別計算上述五個衛星參數；

理論上，當颱風對稱性良好時，本研究之諸參數中，平均亮度溫度及其標準偏差可以描述颱風雲系結構乃至降雨強弱之分布狀況，最低亮度溫度與對流系統垂直伸展高度或發展強度具有正相關，而 235K 為過去研究中本省地區產生對流降水之平均溫度，在此高度層或高於此高度之雲面積理應

與對流發展成正相關；210K 之高度約為台灣地區夏季對流層頂平均高度，亦即應為對流雲開始發展高層卷雲或砧狀雲之高度，因此 210K 高度上之雲面積亦應與深對流強度成正相關 (Barrett et al., 1981; Liu et al., 1992)，上述之雲面積定義為樣本研究區內像元 (pixel) 數之總合，而每一像元面積則約為 5 平方公里；總結上述各研究區域中五種參數之探討應能表現出颱風雲系結構之分布及發展狀況，其與颱風風力間應具有一定的相關性。

本研究透過多重迴歸方程 (Multivariate regression equation) 計算各研究區域中衛星影像參數與地面實測風力間之相關性，以求得其間最佳相關之組合，進而建立最佳之颱風風力估算模式，同時由其中推論颱風結構及發展之特性；最後並以西行颱風安珀 (AMBER, 1997) 及北上颱風娜克莉 (NAKRI, 2002) 為驗證颱風樣本，用以檢驗本研究所得風力之複迴歸估算關係，其中各驗證颱風個案均包括六組颱風樣本。

三、研究與討論

附表 1 為西行及北上颱風中各衛星參數與最大風速間之相關係數對照表。由表中可知，西行颱風中各單一參數對風速間均有不錯之相關，相關係數一般均大於 0.5；由各單一參數之相關中另可窺知半徑大於 100km 之研究範圍內，平均溫度對最大風速之相關最好，顯示西行颱風距離颱風中心 100 至 200km 內之雲系結構最能表現出最大風速之變化，這亦寓意颱風環流中最大風速出現的地方除眼牆外，其環流

雲雨帶亦為可能出現強陣風之地區。

有關雲面積與最大風速之相關，小於 235k 之雲面積對最大風速之相關明顯較 210k 之雲面積對最大風速之相關為佳，這亦可能是高層卷雲污染所致，然而雲面積對最大風速間之相關除表現出深對流強度與風速間良好之相關性外，正可呼應最大風速與颱風雲系半徑範圍呈正相關之趨勢；總結全部十四項參數對最大風速間之相關係數為 0.71。

北上颱風中各單一參數對最大風速間之相關性，如附表 2 所示，其相關性並不佳，不過半徑大於 100km 研究範圍內之衛星參數對最大風速間之相關較佳，而 200km 研究範圍內之雲面積參數對最大風速間之相關亦較佳，這與前述西行颱風個案具相似之結果，亦即正如西行颱風對最大風速間之相關性，最大風速變化與北上颱風半徑在 100 至 200km 間之雲系結構變化之相關最為密切。

在多重衛星參數與最大風速間之相關上，仍大致可歸納出大於 100 公里之颱風半徑範圍與最大風速間之相關較佳，而雲面積對最大風速間之相關具明顯之正面貢獻；附表 2 中所有十一項衛星影像參數對最大風速間之相關為 0.76，而所有十四項衛星參數對最大風速間之相關為 0.75，由此顯示在多重衛星參數對最大風速間之相關性上，25km 颱風半徑範圍內之衛星影像特徵並不能對模式之相關做正面貢獻。

附圖 1 及附圖 2 分別為以西行颱風安珀及北上颱風娜克莉為樣本做最大風速估算模式驗證之結果。由附圖中可知以西行颱風安珀驗證西行颱風最大風速估算模式

之結果，其相關係數為 0.68，均方根誤差為 9.86；而以北上颱風娜克莉驗證北上颱風最大風速估算模式之結果，其相關係數為 0.58，均方根誤差為 2.77；由圖中另可知西行颱風之最大風速均普遍大於北上颱風之最大風速，且不論是西行颱風或是北上颱風，其最大風速估算值均較實測最大風速值均勻平滑。

附表 1：西行颱風中各衛星影像參數與全省出現最大風速間之相關係數對照表。

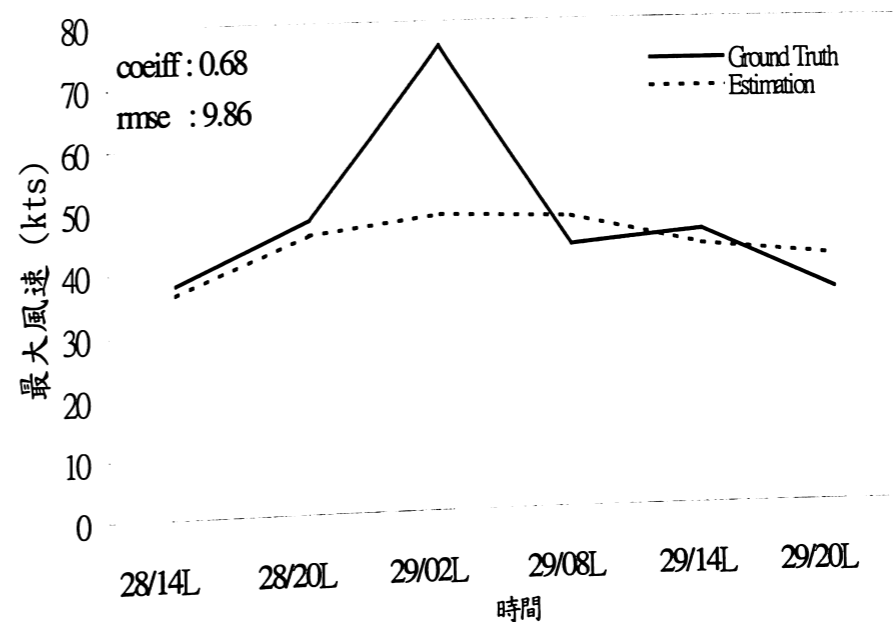
特徵參數	相關係數	特徵參數	相關係數
A(25)	0.51	B(100)	0.52
B(25)	0.52	A(200)	0.64
A(50)	0.58	B(200)	0.50
B(50)	0.55	D(235)	0.64
A(100)	0.64	D(210)	0.52
A(25)+C(25)	0.52	A(200)+C(200)	0.64
A(50)+C(50)	0.59	D(235)+D(210)	0.65
A(100)+C(100)	0.64	A(25)+B(25)+C(25)	0.52
A(50)+B(50)+C(50)	0.59	A(100)+B(100)+C(100)	0.65
A(200)+B(200)+C(200)	0.65		
A(25)+B(25)+C(25)+ D(235)+D(210)			0.66
A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.66
A(100)+B(100)+C(100)+ D(235)+D(210)			0.66
A(200)+B(200)+C(200)+ D(235)+D(210)			0.66
A(200)+B(200)+C(200)+ A(100)+B(100)+C(100)+ D(235)+D(210)			0.67
A(200)+B(200)+C(200)+ A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.67
A(100)+B(100)+C(100)+ A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.67
A(200)+B(200)+C(200)+ A(100)+B(100)+C(100)+ A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.68
A(200)+B(200)+C(200)+ A(100)+B(100)+C(100)+ A(50)+B(50)+C(50)+ A(25)+B(25)+C(25)+D(235)+D(210)			0.71
A(25)：半徑 25KM 內之平均亮度溫度 B(25)：半徑 25KM 內之最低亮度溫度 C(25)：半徑 25KM 內溫度之標準偏差 A(50)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度 B(50)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度 C(50)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差 A(100)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度 B(100)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度 C(100)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差 A(200)：半徑 200KM 內之平均亮度溫度 B(200)：半徑 200KM 內之最低亮度溫度 C(200)：半徑 200KM 內溫度之標準偏差 D(235)：半徑 200KM 內小於 235K 之雲面積(PIXEL) D(210)：半徑 200KM 內小於 210K 之雲面積(PIXEL)			

西行
颱風

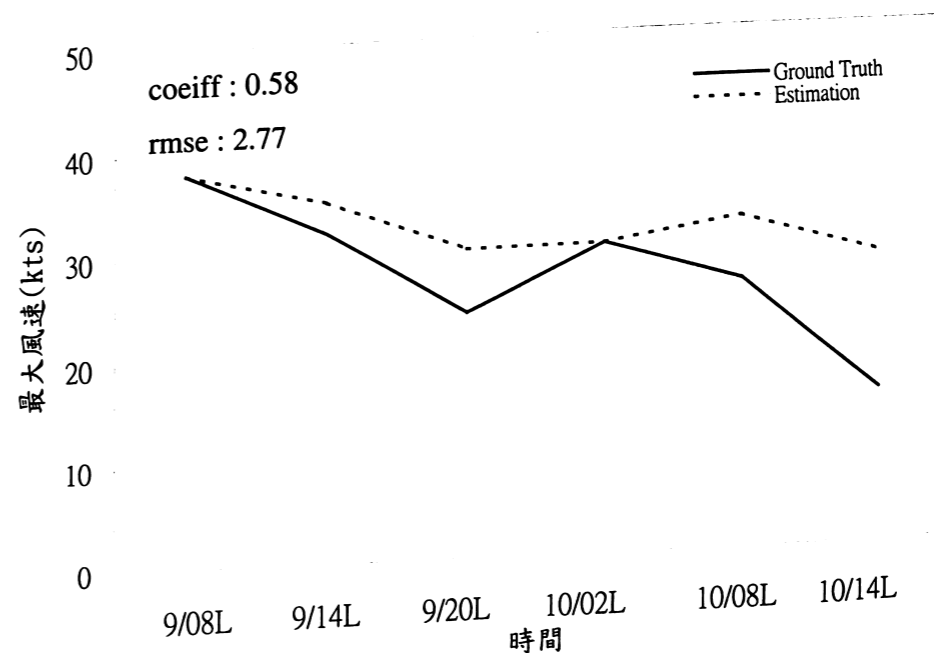
附表2：北上颱風中各衛星影像參數與全省出現最大風速間之相關係數對照表。

特徵參數	相關係數	特徵參數	相關係數
A(25)	0.19	B(100)	0.23
B(25)	0.19	A(200)	0.35
A(50)	0.19	B(200)	0.34
B(50)	0.19	D(235)	0.37
A(100)	0.19	D(210)	0.36
A(25)+C(25)	0.22	A(200)+C(200)	0.36
A(50)+C(50)	0.26	D(235)+D(210)	0.38
A(100)+C(100)	0.19	A(25)+B(25)+C(25)	0.32
A(50)+B(50)+C(50)	0.43	A(100)+B(100)+C(100)	0.37
A(200)+B(200)+C(200)	0.43		
A(25)+B(25)+C(25)+ D(235)+D(210)			0.43
A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.50
A(100)+B(100)+C(100)+ D(235)+D(210)			0.53
A(200)+B(200)+C(200)+ D(235)+D(210)			0.50
A(200)+B(200)+C(200)+ A(100)+B(100)+C(100)+ D(235)+D(210)			0.63
A(200)+B(200)+C(200)+ A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.62
A(100)+B(100)+C(100)+ A(25)+B(25)+C(25)+ D(235)+D(210)			0.64
A(100)+B(100)+C(100)+ A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.60
A(200)+B(200)+C(200)+ A(100)+B(100)+C(100) + A(50)+B(50)+C(50)+ D(235)+D(210)			0.76
A(200)+B(200)+C(200)+ A(100)+B(100)+C(100) + A(50)+B(50)+C(50)+ A(25)+B(25)+C(25)+D(235)+D(210)			0.75
A(25)：半徑 25KM 內之平均亮度溫度		A(200)：半徑 200KM 內之平均亮度溫度	
B(25)：半徑 25KM 內之最低亮度溫度		B(200)：半徑 200KM 內之最低亮度溫度	
C(25)：半徑 25KM 內溫度之標準偏差		C(200)：半徑 200KM 內溫度之標準偏差	
A(50)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度		D(235)：半徑 200KM 內小於 235K 之雲面積(PIXEL)	
B(50)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度		D(210)：半徑 200KM 內小於 210K 之雲面積(PIXEL)	
C(50)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差			
A(100)：半徑 50KM 內之平均亮度溫度			
B(100)：半徑 50KM 內之最低亮度溫度			
C(100)：半徑 50KM 內溫度之標準偏差			

北上
颱風



附圖1：安珀颱風之最大風速估算



附圖2：娜克莉颱風之最大風速估算

四、小結

(一)十四項衛星影像參數與最大風速間之相關係數，西行颱風為0.71，北上颱風為0.75；若仍以颱風娜克莉及颱風安珀驗證颱風最大風速估算模式，結果則可分別得到安珀颱風對最大風速之相關係數為0.68，均方根誤差為9.86，娜克莉颱風對最大風速之相關係數為0.58，均方根誤差為2.77。

(二)本研究因暫未考量台灣地形效應，因此本研究中颱風最大風速估算模式並不足以掌握內陸出現之極端值，此一情況尤以在西行颱風個案時最為顯著，此乃由於研究設計與方法上之限制，本計畫於未來將逐步將此情況納入估擬之重要內容，不過大範圍之風速變化趨勢可透過估算模式獲得初步掌握。

(三)以北上颱風娜克莉驗證最大風速估算模式時發現估算驗證值均較實測值高，初步推估颱風半徑大小之差異應為此誤差來源之一。

由於中央山脈在加強或阻擋區域性颱風降水中扮演非常重要的角色，颱風侵襲台灣期間，各地風力常因中央山脈之地形影響而有明顯的變化，本研究未來將從分區建立颱風風速估算模式；另亦就颱風強度及暴風半徑大小之差異進一步分析其在區域性風速上的關係，同時，為增加迴歸模視之代表性，未來將增加颱風個案數及資料樣本數，並設定風速之閾值，以增加模式在實際作業中之實用性。

五、誌謝

本研究為國科會計畫 NSC 91-2625-Z-072-001-AP1 支持之成果，另空軍氣象中心提供電腦使用環境及各種歷史資料，在此一併致謝。

參考文獻

- 王時鼎、謝信良、鄭明典、葉天降、1998：侵台颱風流型與颱風路徑走向間之關係研究，天氣分析與預報研討會論文彙編，268-275。
- 徐天佑、呂貴寶，1994：颱風降水之個案研究，氣象預報與分析 141 期，P23-30。
- 徐天佑、沈哇、李紀恩，1996：利用衛星觀測資料研判分析台灣及其鄰近區域颱風特性之研究 (II)，NSC-85-2111-M-072-001-AP1。
- 徐天佑、劉崇治、李國光，1997：利用衛星資料研判颱風變化情形。天氣分析與預報研討會，P311-P312。
- 徐天佑、沈哇、張凱軍，1997：利用衛星觀測資料研判分析台灣及其鄰近區域颱風特性之研究 (III)，NSC-86-2111-M-072-001-AP1。
- 徐天佑、張凱軍、呂貴寶、劉崇治，1997：颱風雲系與結構之探討，第六屆國防科技與學術研討會，P644-650。
- 潘大綱、呂貴寶，2002：應用衛星資料估算侵襲台灣地區之颱風降水。氣象預報與分析，第173期，P35-40。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降、1998：百年侵台颱風路徑圖集及其應用，中央氣象局研究報告，CWB86-1M-01 PP497。
- 劉振榮、呂貴寶、徐天佑，1992：應用同步衛星資料估算臺灣地區對流降雨。大氣科學，第20期第3號，P233-265。

Arkin,P.A.(1979).The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over the B-scale array. *Mon.Wea.Rev.* 107, 1382-1387.

Barrett, E. C., and D. W. Martin, 1981: The use of satellite data in rainfall monitoring. Academic Press, 340pp.

Griffith,C.G.,W.L.Woodly,P.G.Grube,D.W. Martin,J.Stout,and D.N.Sikdar,1978: Rain estimation from geosynchronous satellite imagery-visible and infrared studies. *Mon. Wea. Rev.*, 106,1153-1171.

Lin, Y. L., D. W. Hamilto and C. Y. Huang, 1977: Orographic influence on propagating tropical cyclones. Preprints, 22nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. Amer. Meteo. Soc., Fort Collins, Co, 244-245.

Ma, K. F., C.T.Lee, Y. B. Tsai, T. C. Shin, and J. Mori, 1999: The Chi Chi Taiwan earthquake: large surface displacement on an inland thrust fault, *Eos, Trans. AGU*, 80, 605-611.

Pan, Peter Da-Gang and K-P Lu., 2003: Statistics forecast on precipitation over Taiwan area during typhoon invasion using GMS-5 data. Preprints, 12th conf. on Satellite Meteorology and Oceanography. Long Beach CA, AMS., p2.21.

Ronald, B. S, 1997: The theoretical and observational studies of tropical cyclones. Workshop on Typhoon Research in the

Taiwan area. P6-8.

Shiel, S, L., 1996: The integrated study on quantitative forecast of precipitation in Chia-Nan area general project (II), Tech.report, National science Council of Taiwan, 161 pp.

Sui, C. H., C. Y. Huang, Y. B. Tasi, C. S. Chen, P. L. Lin, S. L. Shieh, M. H. Li, Y. A. Liou, T. C. Wang, R. S. Wu, G. R. Liou, and Y.H. Chu.,2002: Meteorology - hydrology study target typhoon NARI and Taipei flood *Eos, Trans. AGU*,83,265-270.

Vernon F. Dvorak, Frank Smigielsk, 1993: A workbook on tropical cloud systems observed in satellite imagery, 1993, NOAA.

Wilk, D. S, 1995: Statistical methods in the atmospheric science. Academic Press, 467 pp.

Yeh, T. C., K. N. Huang and D. S. Chen 1977: A numerical study of orography effect on typhoon Herb. Preprints, 22nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. Amer. Meteo Soc., Fort Collins, Co, 242-243.

Statistical forecast on wind strength over Taiwan area during typhoon invasion using GMS-05 data

Peter Da-Gang Pan Kuei-Pao Lu.

Weather Center, Weather Wing, C.A.F. R.O.C.

ABSTRACT

Of all natural disasters occurring in Taiwan, typhoons are the most serious. Statistics over the past 20 years has indicated that Taiwan was hit by an average of less than four typhoons annually. Yet the strong wind and heavy precipitation associated with typhoons significantly affect the living and sometimes threaten human lives. The mesoscale topography associated with Central Mountain Range (CMR) complicates the wind and precipitation forecast issues.

In this study we collected typhoon data that attacked Taiwan since 1990. By classifying the invading direction into two major categories, namely Northwestern Pacific and South China Sea. Using GMS-5 data derived parameters, such as minimum brightness temperature, mean brightness temperature, standard deviation of brightness temperature and cloud area and cloud cover covering the typhoon circulation, we examined their correlation with wind strength.

Along the distance of 25 km, 50 km, 100 km and 200 km from the typhoon center, observational data were used to test the correlation between derived parameters and wind strength. This study is aimed at providing an objective method with geostationary satellite parameters to forecast wind strength inland as typhoon invades Taiwan. Correlation coefficients between wind strength and satellite derived parameters for westward moving case have value more than 0.5.

Results also indicate that showed that the correlation between wind strength and derived parameters are 0.71 and 0.75 for westward and northward moving cases respectively.

Using typhoon AMBER and typhoon NAKRI to validate our results, we obtains that 0.68 and 0.58 in wind strength for westward and northward moving case respectively.

Keyword : multi-regression analysis, statistical forecast model, satellite data, wind strength, rainfall amount estimation.