

台灣附近颱風路徑之特性與預報校驗

吳石吉
氣象資訊中心
中央氣象局

葉天降
氣象資訊中心
中央氣象局

謝信良
中央氣象局

摘要

本文針對台灣附近颱風，分析了中央氣象局的颱風路徑預報方法，以及 HURRAN 法及 CLIPER 法等颱風路徑客觀預報方法的預報誤差。所使用的資料包括 1962 年至 1995 年間，中央氣象局所發布的海上陸上颱風警報單及美國聯合颱風警報中心(JTWC)之季後颱風最佳路徑資料。校驗結果顯示，24 小時的平均誤差在 1987 年以前，中央氣象局皆較其他兩客觀方法為大，沒有預報技術。在包含 1988 至 1995 年之個案後，中央氣象局較其他兩客觀方法為小，顯示中央氣象局在 1987 年後之風路徑預報已逐漸有技術。其原因可能和 1987 年後美國不再執行飛機觀測有關以及 1980 年代末期中央氣象局發展完成第一代數值天氣預報技術有關。

一、前言

西北太平洋是全球熱帶氣旋活動最旺盛的地區，平均每年約有 25.7 個颱風生成，而其中更有 16 個之平均中心最大風速曾經超過 32m/s，而為中度以上的颱風 (Neumann 1993)。台灣位於太平洋之西濱，幅原雖然不大，但因為是在颱風移動的主要路徑之上，平均每年約有 6 個左右颱風將影響台灣和附近海域 (李 1988)，之中更有 2 至 3 個颱風其中心直接侵襲台灣 (Yeh and Elsberry 1993)。

各颱風雖有其特異而複雜的中尺度結構，但颱風之暴風雨大多集中於中心附近 (Willoughby 1995)，因此準確的路徑預報成為颱風預報的關鍵。Elsberry (1995) 將各種颱風路徑預報方法歸納為三大類，第一類為應用持續性和氣候路徑所延伸之簡單統計方法，如 CLIPER 法 (Neumann 1972; Xu and Neumann 1985)，HURRAN 法 (Hope and Neumann 1970; Jarrell and Somervell 1970) 等。第二類為以統計方法為基礎，結合了持續性、氣候路徑外，也考慮環境之分析與其預報結果而發展之颱風路徑預報模式，如 NHC-83 (Neumann 1988)。第三類則是以大氣動力為基礎所發展之數值路徑預報模式，包括單層之正壓或相當正壓模式以及可以包含斜壓性之多層模式。

國內主要負責對一般民眾提供天氣預報服務的中央氣象局，在颱風預報作業方面，以往大多仰賴主觀天氣型態之研判，到民國 65 年有電腦引進於作業應用之後才陸續有 CLIPER 和 HURRAN 等簡單客觀預報方法之建立 (胡與陳 1976)，隨後有相當正壓 (蔡與程 1991) 和原始方程颱風路徑 (Jeng et al. 1991; Chen et al. 1995) 預報模式之建立。

對颱風路徑預報之校驗，過去在國內也有

許多文獻有相關之報導。其中各別颱風路徑預報之誤差大部分都可在中央氣象局對該颱風之季後檢討報告上得知。而在新的客觀預報方法引進之時，也有相關之預報校驗，如戚 (1966) 在引進荒川氏颱風統計預報法 (Arakawa 1964) 之際，曾對該法之預報誤差與中央氣象局之主觀預報結果做比較，胡與陳 (1976) 在引進客觀比擬法 (HURRAN) 時也曾對這方法之預報誤差和其他方法之預報誤差做一些比較。

然而以上之各預報校驗，所採用之個案數都偏少，因此無法得到整體性的了解。謝等 (1986) 則以 1959 年至 1977 年，在台灣及鄰近地區 120 個颱風之路徑，對當時中央氣象局所建立的 HURRAN, CLIPER, PC 及 CWB81 等四種統計方法 (詳見謝等 1986) 做較完整之預報校驗。他們的結果顯示，以上四種統計方法之中，以 HURRAN 法之平均預報誤差最小，CLIPER 法居次，對 24 小時之路徑預報 HURRAN 法之平均誤差約為 150.7 公里。

謝等 (1986) 之預報校驗是以美國聯合颱風警報中心 (JTWC) 之季後颱風最佳路徑資料為基準，李 (1988) 則選擇以中央氣象局之即時颱風中心定位資料為基準，對 1962 年至 1986 年間在台灣及其附近之颱風做 24 小時預報準確度之校驗。他同樣發現各統計客觀路徑預報方法中仍以 HURRAN 法之平均誤差 170 公里為最小，其次是 CLIPER 法 (173 公里)。且，這兩種客觀預報方法之平均誤差皆較中央氣象局主觀預報結果之平均誤差 (177 公里) 為小。

以上這些預報校驗之結果可以使我們對台灣及其附近地區颱風路徑之預報準確度有較系統性的認識，同時也對真正從事預報工作之人員，在許多客觀路徑指引中，如何擇選或綜合利用這些結果有較客觀之參考依據。然而，不論是謝等 (1986) 或李 (1988) 之校驗研究裡，各統計

預報法或主觀預報結果之個案並非一致，如在李（1988）之研究裡 HURRAN 法之個案僅約為主觀預報個案數之 6 成，因此有必要進一步了解這些平均誤差受到不同個案之影響情形，從而得到一有代表性之比較。此外，在謝等（1986）和李（1988）所得之平均誤差值（分別為 150.7 公里與 170 公里）也有非常顯著的差異，因此值得進一步探討這些差異是主要因為年際間之變化所造成抑或是因所採用路徑定位資料不同而造成。本文將針對這些重點，以更完整之資料，來探討颱風在臺灣附近之路徑特性和各預報校驗。

二、資料與路徑預報方法

李(1988)在中央氣象局之支助下，利用中央氣象局所發佈之颱風警報單，整理了中央氣象局對 1962 至 1987 年間，總計 173 個颱風之中心定位和預報位址。李(1988)指出，這些資料已整理為每 6 小時間距，共有 513 筆含有完整之定位(少部分為內插所得)和 24 小時之預報。近來，李等(1996)再在中央氣象局之協助下，擴充此資料庫，使得以含括 1962 至 1995 年之颱風定位和預報位址。於後將稱此資料為中央氣象局颱風定位與預報資料，並將沿用這資料以進行分析探討。

圖 1a(圖略)為依此資料庫中，颱風定位資料所繪得各颱風之移動路徑分佈情形。這些颱風有許多是在其它地方生成，待移入中央氣象局所關心之警戒區域後才被記錄。由圖可見，這些颱風之位置大致散佈呈一橢圓形，台灣位於偏西側。針對台灣而言，這些颱風主要來向可分為二，一為由太平洋向西或向西北移近，另一為由南海向東北或向北移近。依中央氣象局颱風預報作業辦法之規定，颱風警報是在預期颱風暴風區將在 24 小時內影響到所轄陸地或離岸 100 公里內之臨近海域時發佈。對一移向有威脅之颱風，若以 5m/s 之移速和暴風半徑為 350 公里估計，中心定位約在離岸 900 公里時，即可能發佈警報。這和圖 1a 中颱風中心主要在 130° E 以西、 110° E 以東和 10° N 以北為主一致。而對移速較快或暴風範圍較大的颱風，則將在中心離台灣更遠時就開始發佈警報，因此圖 1a 中有部分颱風是在由東移入 135° E 就開始發佈警報。而警報之結束，對繼續向西移動之颱風主要是在中心移入中國大陸之後發佈，而對朝向西北或轉向之颱風則約在中心移至 28° N 左右時發佈。

除了中央氣象局的定位資料外，我們也將引用美國防颱中心(JTWC)之颱風最佳路徑資料以做比較分析。對圖 1a 相同之颱風，JTWC 定位所得之路徑分佈如圖 1b(圖略)。和圖 1a 比較，可見颱風所在位址分佈區域相似，但詳細定位之比較則有所差異。如圖 1a 之路徑與圖 1b 中之路徑顯示 JTWC 之路徑比較平滑，而中央氣象局所定之路徑則較曲折。另外在橫越菲律賓時 JTWC 定位是在中央氣象局定位之南方，而在颱風侵襲前

其定位則在中央氣象局定位之北方。這差異的由來，一方面可能是 JTWC 之最佳路徑是在颱風過後經平滑處理而得，另一方面也可能是因為颱風中心結構不完整，不易研判而產生。

在預報之校驗上，除了中央氣象局之主觀預報外，我們也將引用中央氣象局目前作業使用之 CLIPER 與 HURRAN 兩種簡單統計路徑預報方法，這些方法常被當做比較與了解其它方法是否有預報技術(Skill)之基礎。謝等(1986)曾對中央氣象局作業使用之 CLIPER 與 HURRAN 兩方法有非常詳細的說明，因此不再對此兩方法做進一步說明。值得一提的是 CLIPER 與 HURRAN 方法在做路徑預報時是需要輸入不同的資料，CLIPER 方法需要預測時前 24 小時內之定位資料，而 HURRAN 方法則只需預測前 12 小時內之定位資料。為了比較上之公平性，我們也在圖 1a 與圖 1b 中選取了一組資料，如圖 2a 與 2b(圖略)，在圖 2 中共 487 個定位是所有方法都可做預測，而且其 24 小時之預測結果也有資料可供校驗的個案，於後將稱此為共同個案。

對 HURRAN 預報方法，另外需要有的是一組歷史颱風路徑檔，由此資料，HURRAN 方法將選取和所要預報颱風之路徑相似的個案，而由這些相似個案移動情形得到預報結果。在本文中將分別嘗試二組歷史颱風路徑檔，一組為 1947 至 1987 年之 JTWC 最佳路徑資料，另一組則為 1947 至 1995 年之 JTWC 最佳路徑資料。

三、結果與討論

針對實際作業時，中央氣象局(CWB)之颱風中心定位和 24 小時預報情形進行校驗，其結果如表 1。表中並將 1987 年以前之結果和李(1988)之差異情形列出。由表可見如 1963、1964 等 20 年之結果皆和李(1988)之結果相同(在有效位數精確度內)，而 1962 及 1966 等 6 年之結果則有差異。其中，1962 及 1983 等二年之個案數皆增加一個，總誤差約分別改變 392 公里及 179 公里，此誤差是在平均值加標準差之範圍內，因此並未特異。1987 年則增加 20 個案，使平均誤差約改變 4 公里。而 1966、1979 及 1985 等三年之個案數並未改變，但平均誤差和標準差皆不同，顯示此三年之資料和李(1988)並不盡相同，而有所修正，但差異並不明顯。以改變最多的為例，對 1966 年 26 個案之年平均誤差約改變 20 公里，使總誤差約改變 520 公里，如以標準差 100 公里估計，可能有 5 筆資料，或相當於一組颱風資料有所修正。

表 1 同時也顯示，1962 至 1987 年間之總平均 24 小時颱風路徑預報誤差約為 175.8 公里，此值和李(1988)所得 177 公里之差異僅約為標準差的 1%。而值得注意的是加入 1988 至 1995 年之資料後，總平均 24 小時預報誤差增大 2.1 公里，標準差也增大 1.4 公里，單純由此值似乎顯示

1988 年後路徑預報之能力稍微降低。而由圖 3 則顯示 1988 年後各年之年平均預報誤差與標準差在和其它年份比較上並沒有特異,只是 1988 年後各年間之平均預報誤差(最大最小間差 75 公里)似乎較 1962 至 1987 年間更為穩定。而在前段時期如 1962、1965、1970、1978 及 1984 等年其誤差值皆超過 200 公里,而 1966、1971、1972、1980 及 1983 等年其誤差又皆低於 150 公里,最大最小間相差 165 公里,年際間有較大的差異。

李(1988)曾對中央氣象局 24 小時颱風路徑預報誤差與 CLIPER 與 HURRAN 等統計路徑預報法之預報結果做比較,他的結果顯示,對 1962 至 1987 年間 494 組 HURRAN 方法預報之平均誤差為 170 公里, 751 組 CLIPER 方法預報之平均誤差為 173 公里。以更新後更完整資料做相似之比較,結果列於表 2。表 2 可見,對此資料中,有 545 組資料可供 CLIPER 預報校驗,其平均誤差為 172.3 公里;有 786 組可供 HURRAN 預報校驗,其平均誤差為 175.0 公里。表 2 中 HURRAN 方法是以 1947 至 1987 年之最佳路徑資料為甄選相似路徑之資料檔,引用 1947 至 1995 年之最佳路徑資料為甄選相似路徑之資料檔時之結果改變非常有限,其平均誤差僅改變 0.1 公里,為 175.1 公里。和李(1988)之結果比較,僅 HURRAN 之結果有比較大差異,此差異之原因一方面可能是由於不同的個案所造成,因李(1988)僅進行 494 個 HURRAN 預報。而另一方面,若將 HURRAN 預報方法中,在相似路徑之挑選時,若不去除該預報個案時,將使表 2 中 HURRAN 預報誤差變成 169.7 公里,此結果和李(1988)所述 170 公里極為相近。因此,李(1988)之結果裏 HURRAN 方法預報誤差特別小之原因有可能是在相似路徑挑選時未去除本身(在實際作業時不可能發生)所造成。

在中央氣象局預報誤差與 CLIPER 與 HURRAN 兩者之比較上,中央氣象局預報誤差較此兩客觀統計預報方法之結果在平均值上都較大,但有較小之標準差,和李(1988)相似。而為比較更公平起見,表 2 也列了共同個案(如圖 2a)之比較結果,對在 1962 至 1987 年間之 356 個案使各種方法皆有 24 小時之預報校驗裏,中央氣象局預報誤差為 167.3 公里, CLIPER 與 HURRAN 兩者則分別為 160.2 及 162.4 公里,中央氣象局之預報誤差仍然較其它兩客觀方法之預報誤差為大,沒有預報技術。

表 1 顯示在包含 1988 至 1995 年之颱風個案後,中央氣象局之 24 小時路徑預報平均誤差,較 1987 年前之誤差更大。表 2 顯示對 CLIPER 與 HURRAN 兩種客觀預報方法也有相同的情形,並且其增加的幅度更大,使得其誤差分別達到 179.3 公里(681 個案)與 181.1 公里(992 個案),而比中央氣象局之預報誤差為大。若以共同之 487 個案(圖 2)比較,這些共同個案之預報誤差分佈情形和全數個案之預報誤差分佈情形相似。如圖 4 顯示中央氣象局對 1962 至 1995 年間全數個案以及共

同個案兩組路徑預報誤差,隨誤差大小之百分比分佈情形(圖中是以每 50 公里為分組間距,因此圖上第一點 25 公里及第二點 75 公里上之值是分別表示預報誤差為 0 至 50 公里與 51 至 100 公里間之個數百分比),對兩組資料之預報誤差不論是距離、延向或偏向誤差之分佈差異都不明顯,對 CLIPER 與 HURRAN 之預報結果也相似(圖略)。因此,相同個案似可反應全數個案之一般特性,並沒有明顯的特異。以含 1988 年後 487 共同個案中央氣象局之預報誤差為 170.3 公里,較 CLIPER 為 173.2 公里、HURRAN 為 175.9 公里兩誤差為小。顯示中央氣象局在 1987 年後之颱風路徑預報已逐漸有技術。

在表 2 中也再次顯現 1988 年後颱風路徑預報之平均誤差和標準差較 1987 年前大,這原因可能和 1987 年後美國不再執行颱風飛機觀測有關,因此在 1987 年後颱風之定位主要仰賴衛星及傳統觀測之結果,以致在定位上造成更大的不確定性,連帶使各種預報之結果也較不準確。而中央氣象局所以會在 1987 年後逐漸展現預報技術,或許和其推行數值預報之成果有關,1980 代末期,中央氣象局發展完成其第一代數值預報系統,因此有更完整的觀測資料、有更多客觀的預報結果可供參考、和更現代化的作業環境,這些改變或許是造成其颱風路徑預報技術有所提昇的原因。

誌謝

本文是在中央氣象局支持下完成、特別感謝台灣大學大氣科學系李清勝教授和中央氣象局呂國臣技正提供他們整理的中央氣象局颱風定位和預報資料檔。部分經費由國科會 NSC86-2621-p-052-012 支助。

參考文獻

- 李清勝, 1988: 台灣地區颱風路徑之預報分析, *大氣科學*, 16, 133-139。
- 李清勝、葉天降和呂國臣, 1996: 改進中央氣象局颱風路徑機率預報之研究。中央氣象局委託研究報告 CWB85-2M-07, 21PP。
- 胡仲英與陳熙揚, 1976: 利用客觀比擬法預報颱風路徑之研究, *氣象學報*, 22, 8-16。
- 戚啓勳, 1966: 荒川氏颱風統計預報新法之試驗, *氣象學報*, 12, 第二期 1-13。
- 陳熙揚, 1980: 利用類比法預測颱風路徑之研究, *氣象學報*, 26, 第四期 1-13。
- 蔡清彥與程家平, 1989: 正壓颱風路徑預報模式之改進研究, *大氣科學*, 17, 101-120。
- 謝信良、劉復誠與王忠山, 1986: 颱風路徑客觀預報方法在台灣及鄰近地區應用之初步研究, *氣象學報*, 32, 第二期 1-25。
- Arakawa, H., 1964: Statistical method to forecast

the movement and central pressure of typhoons in Western North Pacific. *J. of Applied Meteor.*, **3**, 524-546.

Chen, D.-S., T.-C. Yeh, K.-N. Huang, M.S. Pean and S.W. Chang, 1995 : A new operational typhoon track prediction system at the Central Weather Bureau in Taiwan. Preprints, 21st Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. April 24-28, 1995, Miami, FL. 50-51.

Elsberry, R.L., 1995 : Tropical Cyclone Motion. *Chapter 4, Global Perspectives on Tropical Cyclones*. WMO/TD-No.693, WMO, 106-197.

Hope, J.R., and C.J. Neumann, 1970 : An operational technique for relating the movement of existing tropical cyclones to pass tracks. *Mon. Wea. Rev.*, **98**, 925-933.

Jarrell, J.D., and W.L. Somervell, Jr., 1970 : A computer technique for using typhoon analogs as a forecast aid. Naval Weather Research Facility Tech. Paper No. 6-70, 47pp.

Jeng, B.-F., H.-J. Chen, S.-C. Lin, T.-M. Leou, M. S. Peng, S. W. Chang, W.-R. Hsu, and C.-P. Chang, 1990 : The limited-Area Forecast Systems at the Central Weather Bureau in Taiwan. *Weather and Forecasting*, **6**, 155-178.

Neumann, C. J., 1972 : An alternate to the HURRAN tropical cyclone forecast system. *Mon. Wea. Rev.*, **100**, 245-255.

Neumann, C. J., 1988 : The National Hurricane Center NHC83 model. NOAA Tech. Memo. NWS NHC41, National Hurricane Center, Miami, FL., 44pp.

Neumann, C. J., 1993 : Global overview. Chapter 1, *Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting*. WMO, 1.1-1.56.

Willoughby, H. E., 1995 : Mature Structure and evolution. *Chapter 2, Global Perspectives on Tropical Cyclones*. WMO/TO-No.693, WMO, 21-62.

Xu, Y., and C. J. Neumann, 1985 : A statistical model for the prediction of western North Pacific tropical cyclone motion (WPCLPR). NOAA Tech. Memo. NWS-NHC 28, National Hurricane Center< Miami, FL., 30pp.

Yeh, T.-C. and R. L. Elsberry, 1993 : Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part I : Upstream track deflections. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3193-3212.

表 1. 中央氣象局 24 小時颱風路徑預報誤差 (公里)。
括號內數字為有差異時季 (1988) 之結果。

年份	年平均	標準差	個案數
1962	276.8(271)	146.9(156)	21(20)
1963	169	69.2	42
1964	194.5	112.4	32
1965	221.5	135.4	23
1966	111.4(131)	87.5(121)	26
1967	194.8	136	25
1968	170.3	105.6	27
1969	165.9	74.5	16
1970	218.5	108.4	9
1971	142.8	81.9	19
1972	133.5	67.9	16
1973	181.8	63.6	22
1974	184.2	70.1	25
1975	170.5	87	21
1976	161.8	80	31
1977	177.4	97	31
1978	248.2	112.5	10
1979	180.4(199)	97.2(144)	40
1980	147.6	96.2	31
1981	157.6	69.9	26
1982	150.3	62.9	54
1983	128.3(127)	56.3	40(39)
1984	203.2	103.8	42
1985	188.4(191)	110.8(109)	48
1986	188.9	119.1	81
1987	175.7(172)	95.7(98)	69(49)
1988	200.3	115.2	31
1989	223.4	129.1	40
1990	200	94.5	52
1991	150.4	98.3	46
1992	196.4	121.6	44
1993	164.3	89.7	19
1994	148.5	73.8	41
1995	177.7	87.2	36
1962-1987	175.8	101.5	827
1962-1995	177.9	102.9	1136

表 2. 各方法之 24 小時平均颱風路徑預報誤差 (公里) 與標準差。

方 法	1962-1987			1962-1995			
	平均誤差	標準差	個案數	平均誤差	標準差	個案數	
全數	CWB 預報	175.8	101.5	827	177.9	102.9	1136
	CLIPER	172.3	114.7	545	179.3	117.7	681
個案	HURRAN	175.0 (175.1)	120.1	786	181.1 (180.7)	122.2	992
共同 個案	CWB 預報	167.3	88.8	356	170.3	93.4	487
	CLIPER	160.2	105.2	356	173.2	113.5	487
	HURRAN	162.4 (161.5)	105.7	356	176.9 (175.9)	119.3	487

註：HURRAN 方法係以 1947-1987 年路徑資料為甄選相似路徑時之資料檔，括號內 HURRAN 方法結果則是以 1947-1995 年路徑資料為甄選相似路徑時之資料檔。

CWB Typhoon Track Forecast Errors

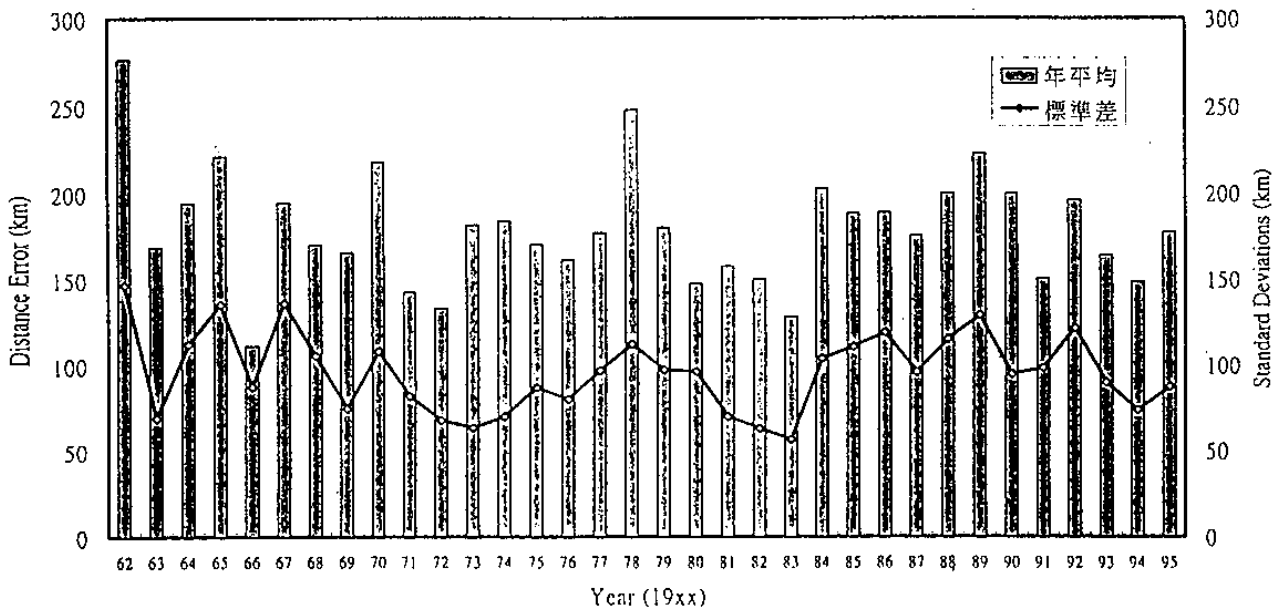


圖 3. 中央氣象局 24 小時颱風路徑預報年平均誤差 (公里) 與標準差。

CWB Typhoon Track Forecast Errors

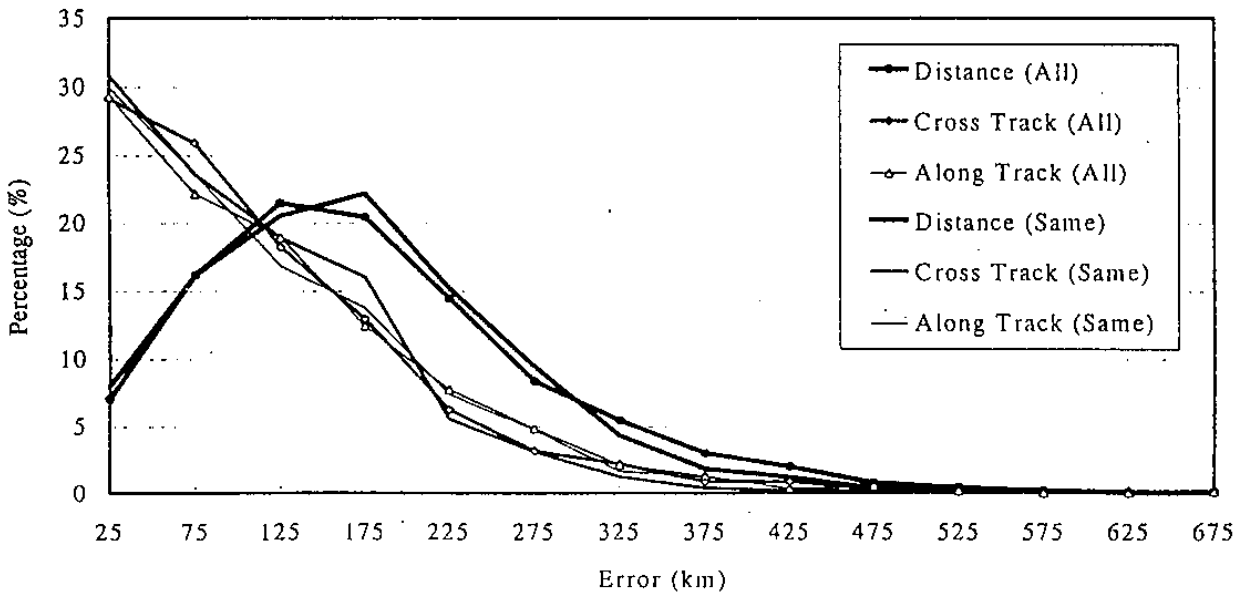


圖 4. 中央氣象局 24 小時颱風路徑預報誤差之機率分佈。