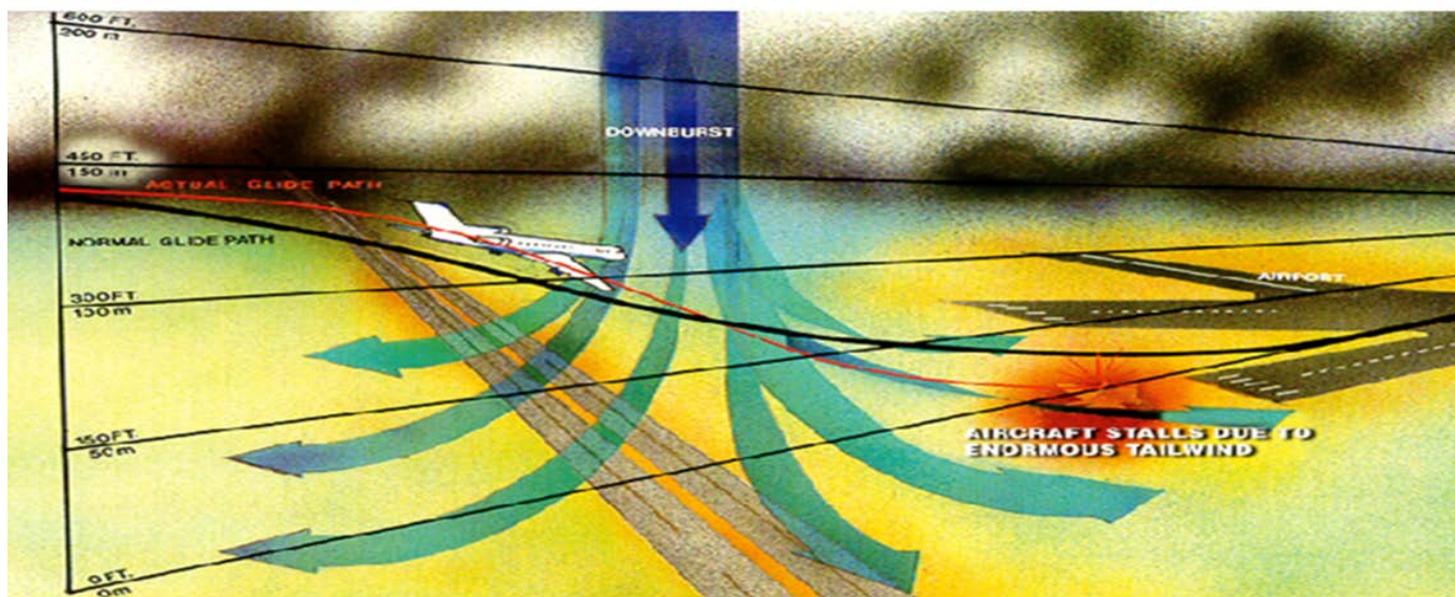


2013年7月12-13日蘇力颱風侵襲期間臺灣桃園國際機場低空風切與氣壓跳動頻率分析

蒲金標

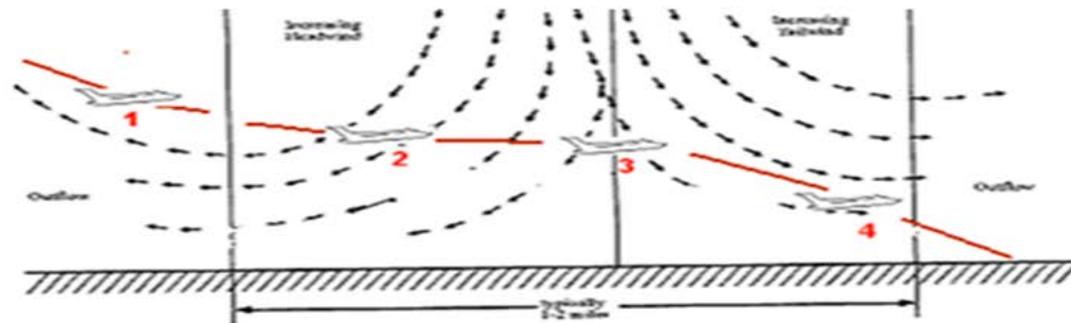
林清榮

財團法人中華氣象環境研究發展中心



前言

- 低空風切→最低層500m (1,600ft) 以下
- 風向或風速之突然變化，對飛機起降階段，飛機速度和高度都接近安全的臨界值
- 飛機遭受風切的影響，可能對生命及財產造成嚴重的威脅。



資料來源和研究方法

- 資料→臺灣桃園機場低空風切警告系統
- 2013年7月12-13日風切警告資料(每10秒擷取風塔資料)、
- 地面自動化測報系統(AWOS) (每秒一筆資料)
- 低空風切警告系統係以每10秒計算是否有風切現象。
- 機場AWOS系統之氣壓，雖然都是每秒紀錄，但氣壓是每分鐘觀測變動，略有不同。

低空風切(low-level wind shear)

- 美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration ; FAA)定義
- 低空風切警告表示測風臺風速
 - 增量(頂風)超過15kts以上
 - 風速減量(順風)15至29kts，
 - **微爆氣流**警告為風速減量(順風)超過30kts以上。
- 低空風切之強度以兩個測風臺間量測之風向量差分為三種強度，
 - 依風速大小分成輕度風切(15-19kts)
 - 中度風切(20-29kts)
 - 強烈風切(≥ 30 kts)。

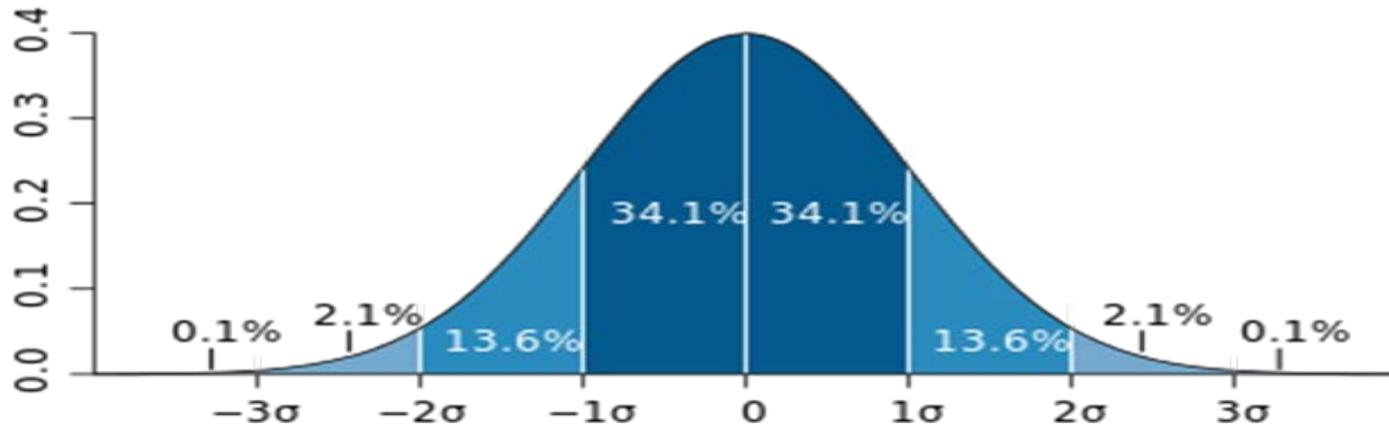
風場輻合輻散

- 機場區域風場有強烈輻散現象，也會發出風切的警報。
- 區域向量風場取輻散度 (divergence)
- 區域風場「輻合」與「輻散」物理公式如式
- $\Delta = \text{div}(u, v, w) = \partial u / \partial x + \partial v / \partial y + \partial w / \partial z$

氣壓跳動與標準偏差

- 穩定大氣→氣壓每分鐘前後觀測數值跳動幅度，通常是在一定範圍內
- 若跳動範圍是近似於常態分布，約68%或95%數值分布在1個或2個標準差之內。
- 在不穩定大氣之下，該等氣壓跳動大，可能會超出1個或2個標準差。

標準差



深藍區域是距平均值小於一個標準差之內的數值範圍，在常態分布中，此範圍所佔比率為全部數值之**68%**；兩個標準差之內（深藍，藍）的比率合起來為**95%**；三個標準差之內（深藍，藍，淺藍）的比率合起來為**99.7%**。

圖擷取自維基百科

氣壓跳動之標準差

- $x_i = (|y_i - y_{i-1}|) > 0$
- y_i 表示此刻氣壓觀測值
- y_{i-1} 表示氣壓在前1分鐘觀測值
- x_i 表示氣壓在此刻與前1分鐘跳動差之絕對值
- 以 x_i 為資料樣本，計算觀測時間內之平均數與標準差：
- $$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$
- $$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N-1}}$$
- N表示觀測時間內之 x_i 資料個數。
- μ 表示觀測時間內 x_i 資料之平均數。
- σ 表示觀測時間內 x_i 資料之標準差。
-

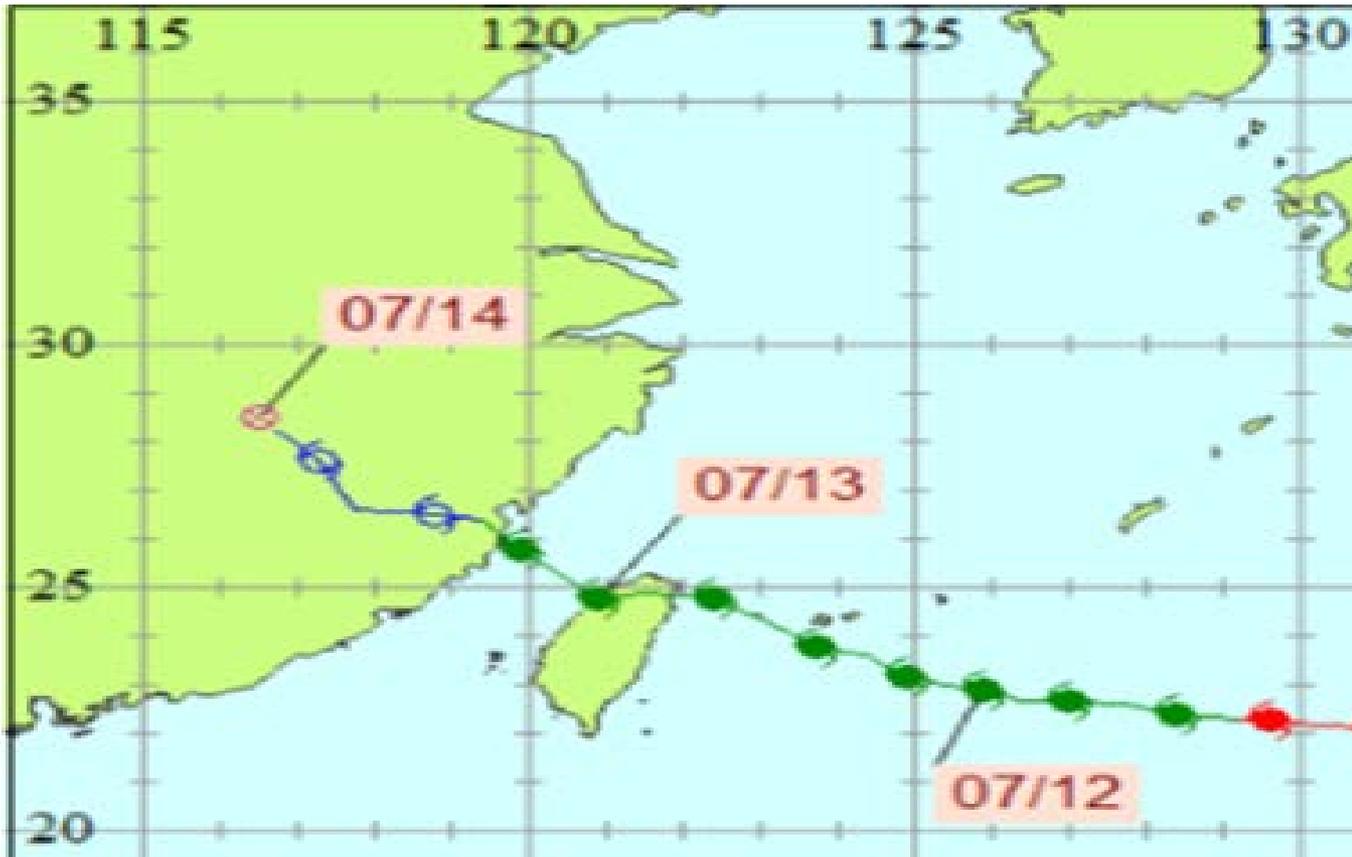
氣壓跳動 (fluctuation)

- 氣壓跳動→每1分鐘氣壓值減去前1分鐘氣壓差絕對值，選定氣壓跳動差值大於零者，來計算標準偏差。
- 氣壓跳動超過1個標準偏差($>1\sigma$)→風切現象。
- 氣壓雖有每秒紀錄，但是每個1分鐘才更新一次，雖然氣壓和風場都採每10秒一筆，但是氣壓在1分鐘6次氣壓都是一樣。

氣壓跳動與低空風切發生頻率和時段 比較分析

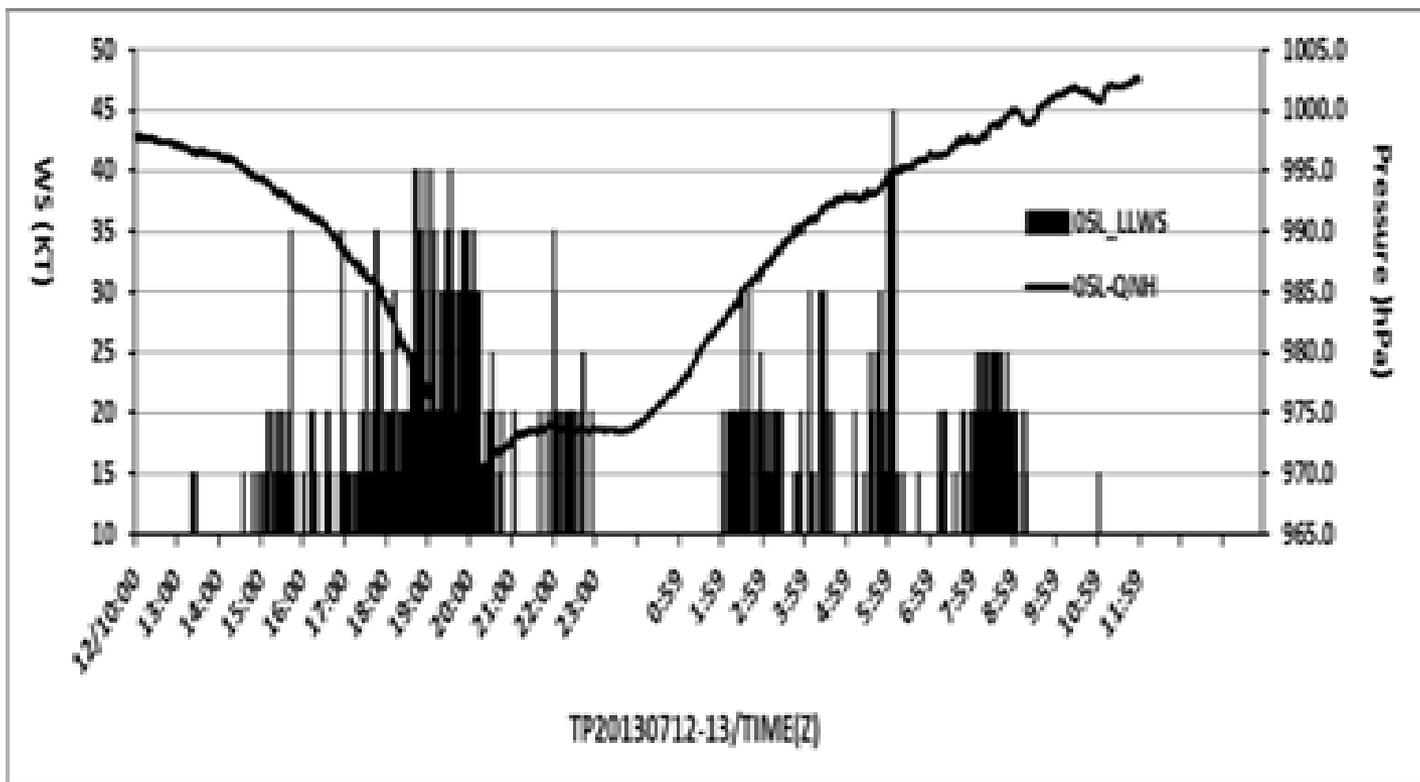
- 根據臺灣桃園機場AWOS系統每秒或每分鐘資料，嘗試以2013年7月12-13日蘇力颱風侵襲期間
- 分析機場05L跑道每分鐘氣壓跳動超過 1σ 與機場低空風切警告系統每10秒發出風切警告之頻率和發生時段加以比較分析。

蘇力颱風路徑



機場05L跑道氣壓和風切分布圖

低空風切(直線)和氣壓(曲線)分布



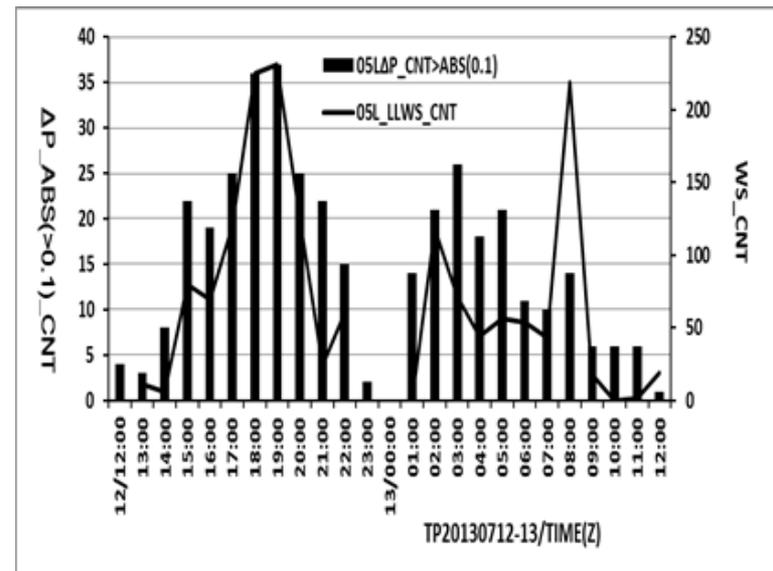
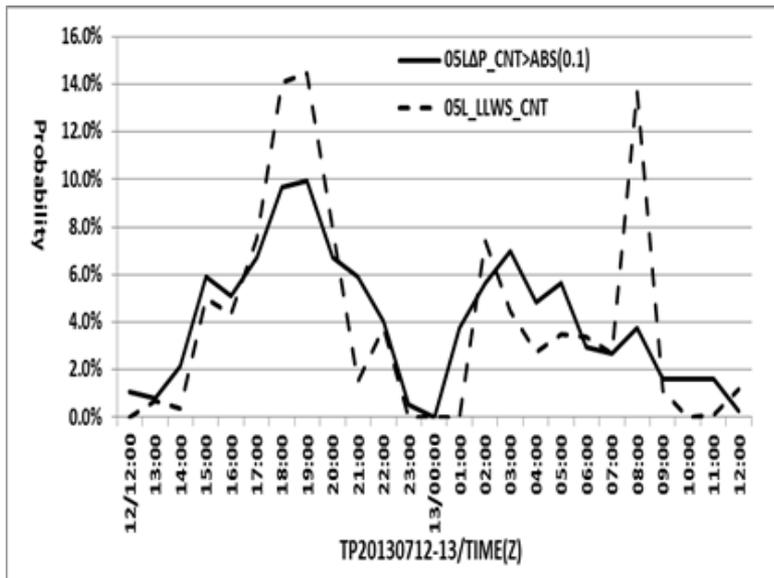
暴風與低空風切

- 蘇力颱風暴風圈接近臺灣北部地區
- 桃園機場風速增強，最大陣風達20KT以上時，開始有低空風切現象發生。
- 暴風圈籠罩臺灣北部地區，機場氣壓下降至最低之際，最大陣風達到最強時，引發低空風切更密集。
- 陣風大於30KT，風切發生頻繁；
- 陣風大於50KT，風切發生更為頻繁；陣風大於65KT，強烈風切發生頻繁。

機場05L跑道風切和氣壓跳動 $>1\sigma$ 發生次數度分布圖

風切(曲線)和氣壓跳動(直線)分布

2013年7月臺灣桃園國際機場05L跑道氣壓跳動
一個標準差月平均為0.12 hPa



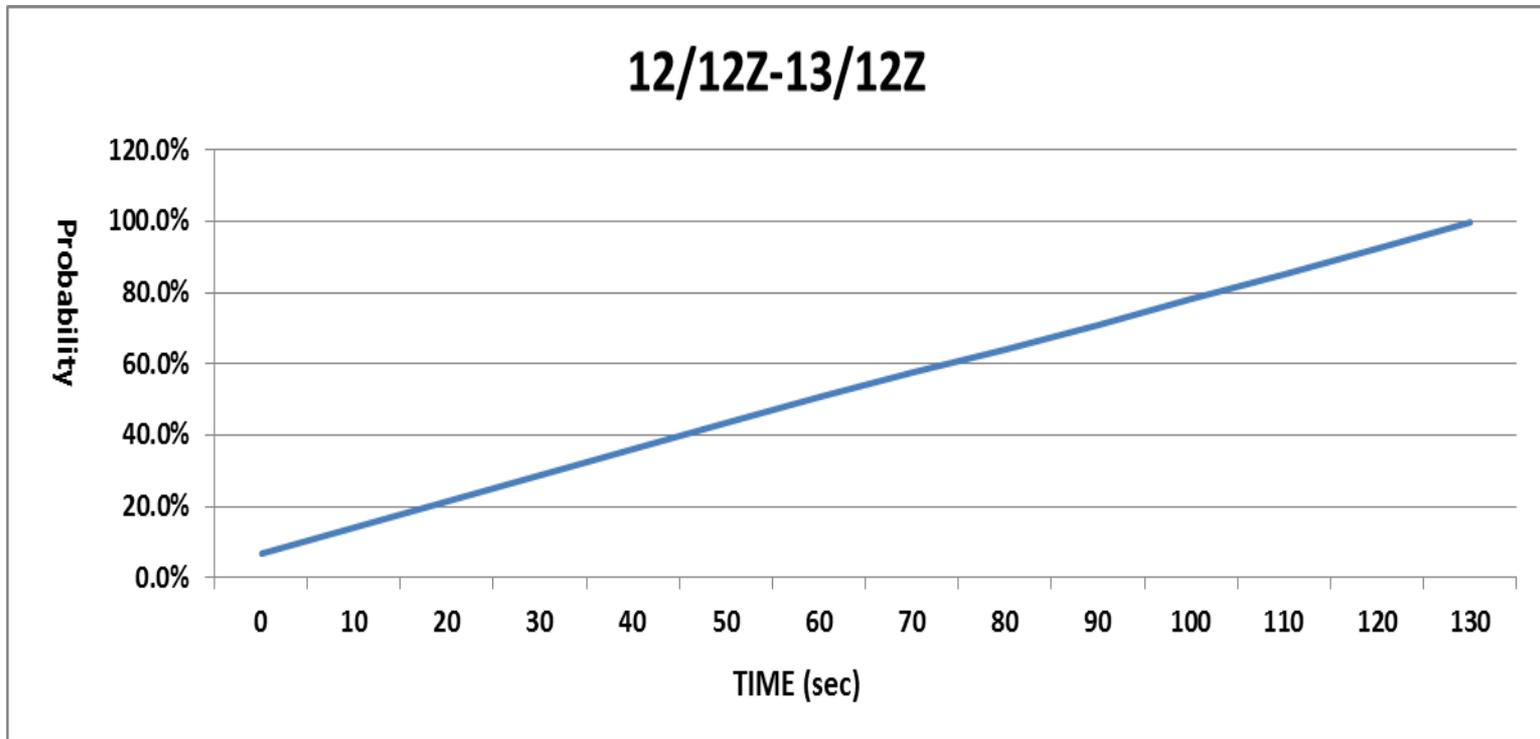
氣壓跳動 $>1\sigma$ 和低空風切警告發生次數 關連表(contingency table)

0712/12- 0713/12Z	$\Delta P >1\sigma$	$\Delta P \leq 1\sigma$	TOTL(FREQ)
WS \geq 15	111 (1.28%)	1466 (16.97%)	1577 (18.25%)
WS $<$ 15	265 (3.07%)	6798 (78.68%)	7063 (81.75%)
TOTL(FREQ)	376 (4.35%)	8264 (95.65%)	8640 (100.00%)

氣壓跳動 $>1\sigma$ 發生時，隨後低空風切警告次數隨時間累積對照表

TP0712/12Z-13/12Z	$\Delta P > 1\sigma_{t_0}$ (sec) _Freq. (%)	accu. freq. (%)
WS>14 (KT)		
$t_0 + 0$ sec	111 (7.04%)	111 (7.04%)
$t_0 + 10$ sec	110 (6.98%)	221 (14.01%)
$t_0 + 20$ sec	114 (7.23%)	335 (21.24%)
$t_0 + 30$ sec	120 (7.61%)	455 (28.85%)
$t_0 + 40$ sec	116 (7.36%)	571 (36.21%)
$t_0 + 50$ sec	115 (7.29%)	686 (43.50%)
$t_0 + 60$ sec	112 (7.10%)	798 (50.60%)
$t_0 + 70$ sec	109 (6.91%)	907 (57.51%)
$t_0 + 80$ sec	104 (6.59%)	1011 (64.11%)
$t_0 + 90$ sec	108 (6.85%)	1119 (70.96%)
$t_0 + 100$ sec	116 (7.36%)	1235 (78.31%)
$t_0 + 110$ sec	110 (6.98%)	1345 (85.29%)
$t_0 + 120$ sec	114 (7.23%)	1459 (92.52%)
$t_0 + 130$ sec	111 (7.04%)	1570 (99.56%)
accu. freq.(%)	1,570 (99.56%)	1570 (99.56%)
Totl Freq.	1577	1,577

氣壓跳動 $>1\sigma$ 發生時，隨後低空風切警告次數隨時間累積對照圖



結論

- 一、2013年7月桃園機場05L跑道氣壓跳動一個標準偏差月平均為0.12 hPa，氣壓跳動超過0.12hPa，低空風切就有可能發生
- 二、受颱風暴風影響，機場氣壓降至990hPa以下，風向偏北和偏南兩個強風時段，05L跑道風切發生最多和氣壓跳動超過 1σ 發生次數最多時段是一致的
- 三、機場在暴風圈侵襲期間，跑道氣壓大幅跳動與機場跑道低空風切警告發生時間非常接近。
- 四、氣壓跳動超過 1σ 發生時，可以預測2分鐘之內就有低空風切會發生。

敬請指教

- 蒲金標
- 手機：0932-592-908
- E-Mail：pu1947@ms14.hinet.net