

# 2019 年 11 月 7 日松山機場氣壓大波動與跑道風切之個案分析研究

蒲金標<sup>1</sup> 王重傑<sup>2</sup>

<sup>1</sup>財團法人中華氣象環境研究發展中心

<sup>2</sup>國立臺灣師範大學地球科學系

## 摘要

本文採用 2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場地面自動化天氣測報系統 (AWOS) 跑道兩頭 (R10 和 R28) 之氣壓和風向風速等資料, 分析氣壓大波動 (LPF) 和跑道風切 (RWS) 之次數與頻率分布, 再以氣壓大波動和跑道風切分析彼此關聯性。研究結果顯示松山機場氣壓大波動和跑道風切兩者發生時段尚稱集中。以氣壓大波動來偵測跑道風切, 兩者發生次數較多時, 其準確率甚高, 錯誤率和誤失率都低。未來我們將選擇一個離島機場, 從事氣壓大波動來監測 1600 UTC 跑道風切之實驗計畫, 實驗成功之後, 可以在台灣大小機場以氣壓大波動來開發跑道風切監測及警告系統, 期望這套系統對促進飛航效益和提升飛航安全, 將有莫大助益。

**關鍵詞：**地面自動化天氣測報系統、氣壓標準偏差、氣壓大波動、跑道風切、準確率、錯誤率和誤失率。

## 一、前言

風切在不同方向和/或速度的兩個風流之間產生亂流。風切可能與大氣中任何級別的風向或風速梯度有關。風切乃指大氣中單位距離內, 風速或風向或兩者同時發生之變化, 如以數學式表示, 則風切=  $\Delta\vec{v} / \Delta\vec{s}$ ; 式中,  $\Delta\vec{v}$  及  $\Delta\vec{s}$  分別代表風向量之變化及產生該變化之距離或時間差。

風切現象是非常複雜且很難預測的小尺度氣象現象, 順風和逆風可以瞬間地轉弱或轉

強。機場低空風切對飛行構成嚴重的威脅, 尤其飛機在離場或進場階段, 速度及距地面高度都接近安全的臨界值, 若突然遭遇風向量的變化使飛機改變飛行姿態, 而飛行員未即時修正, 則可能對生命及財產造成嚴重的損失。飛機在起飛或降落過程, 要經過頂風 (逆風)、順風和下降氣流的風場, 目前還沒有一個成熟的科學依據, 可提供精確地預報低空風切, 因此, 即時監測風切現象的發生, 須做為飛行員加強注意安全的重要項目。

飛機通常選擇機場跑道逆風起降, 如果順

風風速超過每小時 10 kt 則改由另一跑道頭跑道起降。但是，機場有時候受地形或天氣系統的影響，雖然選擇逆風起降，但是也會碰到逆風風切或順風風切，造成誤失進場而拉起重飛或提早降落墜毀。所謂逆風風切表示逆風分速之增加或順風分速之減少，使飛機之指示空速增加而提升及高度；順風風切表示順風分速之增加或逆風分速之減少，使飛機之指示空速減少而致其下沉。

國際民航組織文件低空風切手冊認為氣壓跳升 (Pressure Jump)，可偵測到陣風鋒面的時間 (ICAO, 2005)，雖然這種地面風場和氣壓的組合，尚未應用到機場低空風切警告系統 (Low-Level Windshear Alert System, LLWAS)，但在過去研究中認為氣壓跳升現象是發生風切時所具備相當重要的特徵，強烈雷暴活動會造成氣壓跳升的現象 (Shreffler et al. 1981)，而陣風鋒面經過時，亦常帶來氣壓變動 (Pressure fluctuation)，氣溫下降，風向突變以及風速突增的現象，進一步出現低空風切 (Wakimoto 1982)。其中氣壓變動在陸地和大氣的相互作用中扮演重要的角色，特別是在行星邊界層中 (Katul et al. 1996)，這種小尺度，短週期地面氣壓變動被認為是行星邊界層中的特徵之一 (Vianai et al. 2007)，其提供了亂流動能相當的貢獻 (Wei et al. 2021)。

近年來在台灣的研究中，蒲 (2003) 認為在松山機場引發低空風切之主因同樣為雷陣風、颱風強風、鋒面過境，和強烈東北季風。過去的研究中，分別針對低壓鋒面 (蒲等 2014)、2013 年的蘇力 (Soulik) 颱風 (蒲等 2015)、和菲特 (Fitow) 颱風 (蒲與徐 2016)、東北季風 (蒲與林 2021)、在松山機場進行了氣壓波動的相關分析，認為不同天氣系統下的資料計算

皆顯示，低空風切發生與風速、氣壓和氣壓梯度，以及氣壓變動超過一個標準差 (Standard deviation,  $\sigma$ ) 有關連性。儘管地區的不同，在馬祖南竿機場的觀測資料中亦得出相同的結果 (蒲與林 2017a, 2018)。不僅個案分析，在 2010 至 2014 年較長時間之統計分析中也與過去研究一致 (蒲與林 2017b)。

## 二、資料來源與分析方法

本文採用 2019 年 11 月 7 日松山機場地面自動化天氣測報系統 (Automatic Weather Observation, AWOS) 資料，其中氣壓和風場採用每 10 秒 1 筆資料加以計算氣壓大波動和跑道兩頭 (R10 和 R28) 向量風切 (vector wind shear, VWS)。

常態曲線理論應用於氣象變化，通常在穩定大氣下，氣象要素如氣壓的變化量，其幅度依常態曲線分配比例，約 68.26 % 的變化量分布在  $1\sigma$  內。而當大氣在不穩定時，氣壓的變化量可能超出  $1\sigma$ 。氣壓的變化量之  $\sigma$  計算方式如下：

計算氣壓的變化量絕對值  $>0$ ：

$$x_i = |y_i - y_{i-1}|$$

$y_i$  表示氣壓在這一秒之觀測值。 $y_{i-1}$  表示氣壓在前 10 秒之觀測值。 $x_i$  表示氣壓這一秒與前 10 秒之波動的絕對變化量。

以氣壓的變化量絕對值  $>0$  為資料樣本，計算觀測時間內之平均數與標準差：

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

$N$  表示觀測時間內氣壓變化量絕對值  $>0$  之資料個數。 $\mu$  表示觀測時間內氣壓變化量絕對值  $>0$  資料之平均數。 $\sigma$  表示觀測時間內氣壓變化量絕對值  $>0$  資料之標準差。松山機場

2010~2014 五年平均標準偏差 (0.11 hPa) 為門檻 (蒲與林, 2017b), 此處氣壓標準偏差 ( $\sigma \geq 0.11$  hPa) 稱之為氣壓大波動 (Large Pressure Fluctuation; LPF)。

兩地間氣壓梯度越大, 風速則越大; 兩個時間點間氣壓改變, 風場也會跟著改變。氣壓波動可反應氣壓梯度和氣壓在時間上的改變。藉著單一測站, 前後時間氣壓差, 去除多數氣壓差為零, 以所剩氣壓值大於零者, 來計算氣壓差之標準差, 再以大於一個標準差與跑道向量風切加以分析。機場地面自動化天氣測報系統使用的數位氣壓計紀錄為小數點一位, 藉由單一測站, 本身前後時間氣壓差, 可去除氣壓計精確度的問題。此處氣壓時間變差, 其差值取絕對值。因氣壓僅錄存資料至小數點第一位, 所以氣壓時間變動之標準偏差, 實質為大於或等於 0.2 hPa, 所以氣壓變動之標準偏差就以  $\geq 0.2$  hPa 作為門檻。本文標準偏差門檻 ( $>0.11$  hPa) 係採用 2010~2014 年總共 5 年, 每日松山機場地面 AWOS 資料求得。(蒲與林, 2017b)。

民航局飛航服務總台在松山機場跑道兩頭氣象觀測園區 (R10 和 R28) 設置風向風速計和氣壓計等觀測儀器, AWOS 系統將觀測天氣資料以光纖送到航空氣象台, 每秒即時顯示, 提供氣象人員編發地面天氣報告電碼參考。而機場跑道向量風切係跑道兩頭風向風速換算成跑道方向 ( $100^\circ \sim 280^\circ$ ) 的向量風相加, 再採用絕對值。跑道向量風切 (Runway Vector Wind-Shear, RVWS) 是飛機起降實際面臨的風切。

當跑道向量風切  $\geq 12$  kt 時稱為跑道風切 (Runway Wind-Shear, RWS)。跑道風切的計算考慮到順風和逆風風切對飛機起降重要, 所謂逆風風切表示逆風分速之增加或順風分速之減少, 使飛機之指示空速增加而提升及高度; 順風風切表示順風分速之增加或逆風分速之減少, 使飛機之指示空速減少而致其下沉。跑道風切的計算考慮到順風和逆風風切對飛機起降重要, 跑道風切值大時, 無論飛機從那個跑道起飛都可能碰到順風和逆風風切。跑道風切的分析是在分析逆風風切或順風風切的發生。機場氣象作業規定, 當風速大於 12 kt 或以上時, 飛機起降要換跑道, 在一定大風風速之內, 起降沒問題, 惟怕碰到跑道風切, 使得飛機提前降落或超過降落點, 造成飛機失事或衝出跑道的危險。

### 三、分析結果

#### (一) 地面天氣形勢

2019 年 11 月 7 日 0000 UTC 地面天氣圖, 如圖 1, 輕度颱風娜克莉 (Nakri) 中心氣壓 (990 hPa) 位在南海  $13.4^\circ\text{N}$ 、 $117.1^\circ\text{E}$ , 大陸冷高壓 (1034 hPa) 位在  $44^\circ\text{N}$ 、 $110^\circ\text{E}$ , 向東南移動, 台灣屬於颱風外圍的東北季風之天氣型態, 機場位在高壓和颱風外圍間, 氣壓梯度增加, 吹東北風, 於 0052 UTC 開始出現強烈東北至東風 (大於 20 kt), 於 1642 UTC 才結束, 持續約 16.2 小時, 其間機場出現強烈風速達 20-28 kt。

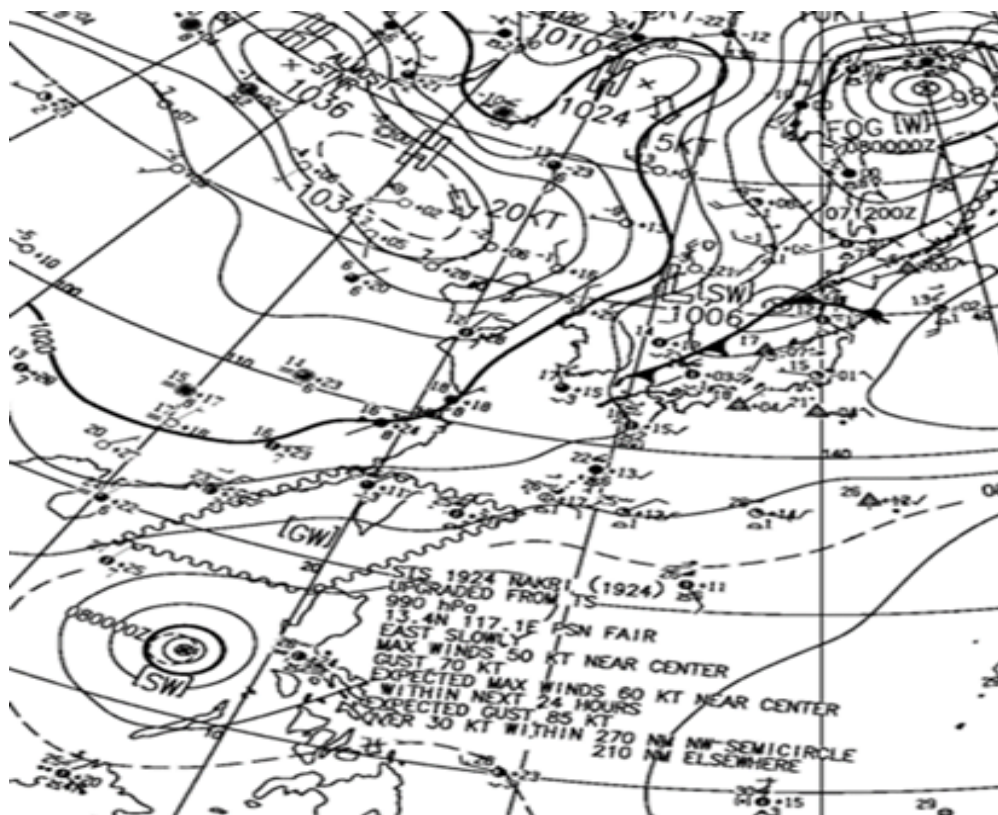


圖 1、2019 年 11 月 7 日 0000 UTC 地面天氣圖。

註：天氣圖擷取自民用航空局飛航服務總臺航空氣象服務網 (<https://aoaws.anws.gov.tw>)

Fig. 1. The surface weather chart at 0000 UTC on November 7, 2019.

Note: The surface weather chart is extracted from the aviation weather service network of the Air Navigation and Navigation Services of the Civil Aviation Administration (<https://aoaws.anws.gov.tw>)

## (二) 地面風場

機場西跑道頭 R10 於 0125-1305 UTC 風速  $\geq 20$  kt，風向  $050^\circ$ - $100^\circ$ ；每小時在 10 次以上者，計有於 0200-0700 UTC 每小時達 11-50 次 (3.1%-13.9%)；於 0441-0535 UTC 風速  $\geq 25$  kt，風向  $055^\circ$ - $090^\circ$ ，其中 0535 UTC 最大風速為  $090^\circ/27$  kt。東跑道頭 R28 於 0052-1647 UTC 風速  $\geq 20$  kt，風向  $030^\circ$ - $105^\circ$ ；每小時在 10 次以上者，計有於 0100-0700 UTC 每小時達 17-

69 次 (4.7%-19.2%)；於 0315-0730 UTC 風速  $\geq 25$  kt，其中於 0729 UTC 最大風速為  $080^\circ/28$  kt。如表 1 和圖 2 顯示 2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 機場吹強風  $030^\circ$ - $105^\circ/20$ - $28$  kt，東邊跑道 R28 風速大於西邊跑道 R10，且 R28 強風 20 kt 以上次數多於 R10 者，概因機場受地形影響，有時跑道兩頭風向和風速不同，造成跑道風現象，也是造成跑道風切的主要原因。

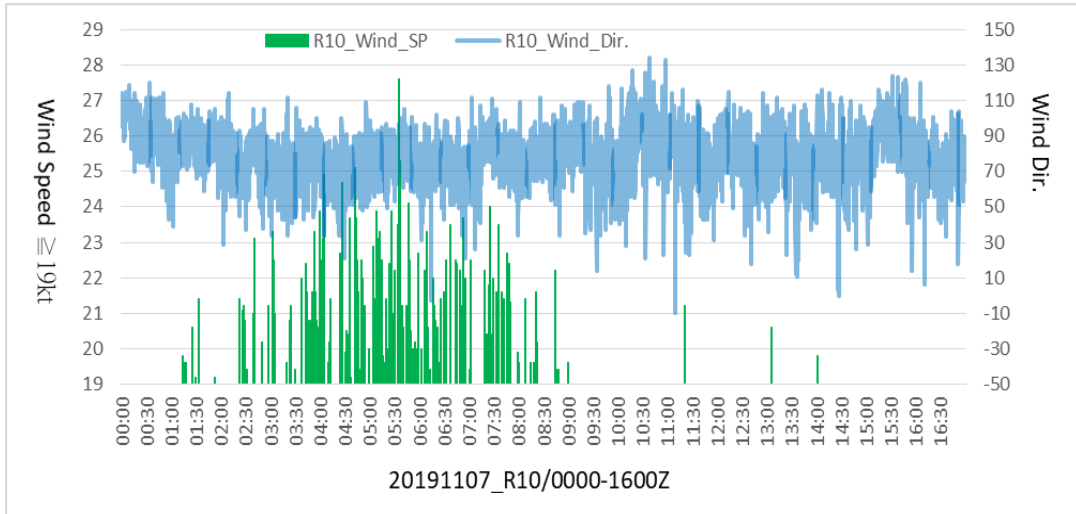
表 1、2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場西跑道頭 R10 和東跑道頭 R28 每小時強風 (≥ 20 kt) 出現次數和頻率。

Table 1. The number and the frequency of strong wind (≥ 20 kt) per hour at Songshan Airport west runway R10 and east runway R28 of November 7, 2019 0000-1600 UTC.

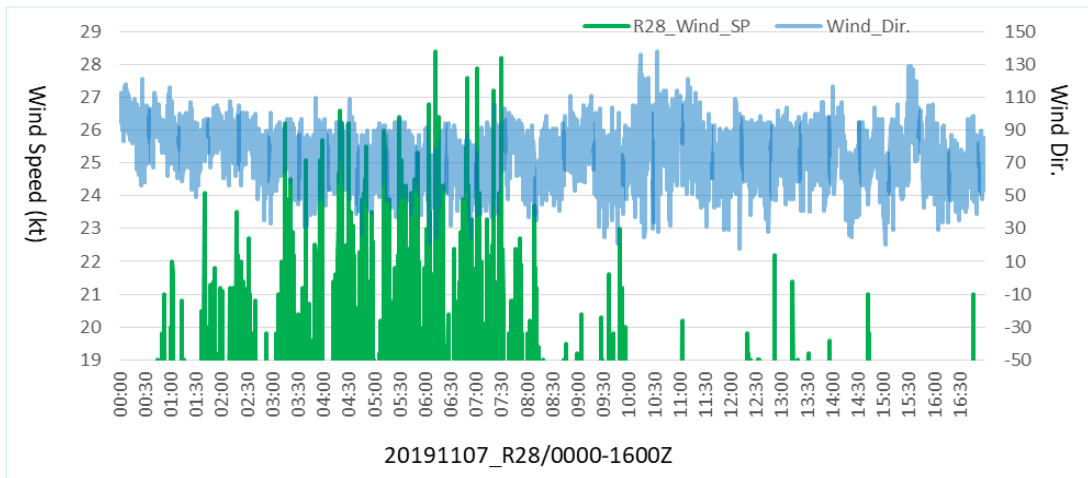
20191107 Time(UTC)	R10 wind speed (≥ 20 kt)		R28 wind speed (≥ 20 kt)	
	times	times/360	times	times/360
0000			1	0.3 %
0100	4	1.1 %	17	4.7 %
0200	11	3.1 %	34	9.4 %
0300	24	6.7 %	40	11.1 %
0400	32	8.9 %	69	19.2 %
0500	50	13.9 %	59	16.4 %
0600	35	9.7 %	54	15.0 %
0700	34	9.4 %	47	13.1 %
0800	4	1.1 %	4	1.1 %
0900			8	2.2 %
1000				
1100			1	0.3 %
1200			1	0.3 %
1300	1	0.3 %	1	0.3 %
1400			2	0.6 %
1500				
1600			1	0.3 %
TOTL	195	54.2 %	339	94.2 %

註：此處機場風向風速之計次係以 10 秒為 1 次，每小時計有 360 次。

Note: The counting times of wind speed and wind direction are based on 10 seconds as one time, and there are 360 times per hour.



(a)



(b)

圖 2、2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場跑道地面風速強風 ( $\geq 20$  kt) 分布圖，其中綠色代表風速，藍色代表風向。(a) 西跑道頭 (R10) (b) 東跑道頭 (R28)

Fig. 2. Distribution of the strong wind ( $\geq 20$  kt) at the runway of Songshan Airport from 0000 to 1600 UTC on November 7, 2019. where green represents wind speed and blue represents wind direction. (a) West Runway Head (R10) (b) East Runway Head (R28)

### (三) 氣壓大波動和跑道風切

2019年11月7日0000-1600 UTC 松山機場強風期間，氣壓大波動（LPF）和跑道風切（RWS）發生分布，如圖3。LPF和RWS發生次數都是63次（17.5%）。就兩者發生次數和頻率加以比較，LPF發生頻率（>1.0%）分布，在0300-0900 UTC分別為1.4%、3.6%、3.6%、2.5%、1.4%和1.4%。而RWS發生頻率（>1.0%），在0200-0700 UTC分別為1.1%、

2.8%、3.3%、1.9%、2.5%和2.8%。前者比後者延後1小時發生，延後2小時結束，前者在0500 UTC達到最高峰13次（3.6%），而後者則在0400 UTC達到最高峰12次（3.3%），LPF集中分布於7小時發生，然而RWS集中在6小時發生，兩者最高發生頻率僅差1小時。如表2和圖4。顯示LPF和RWS主要發生時段尚稱集中。LPF和RWS發生，可了解區段天氣的不穩定。

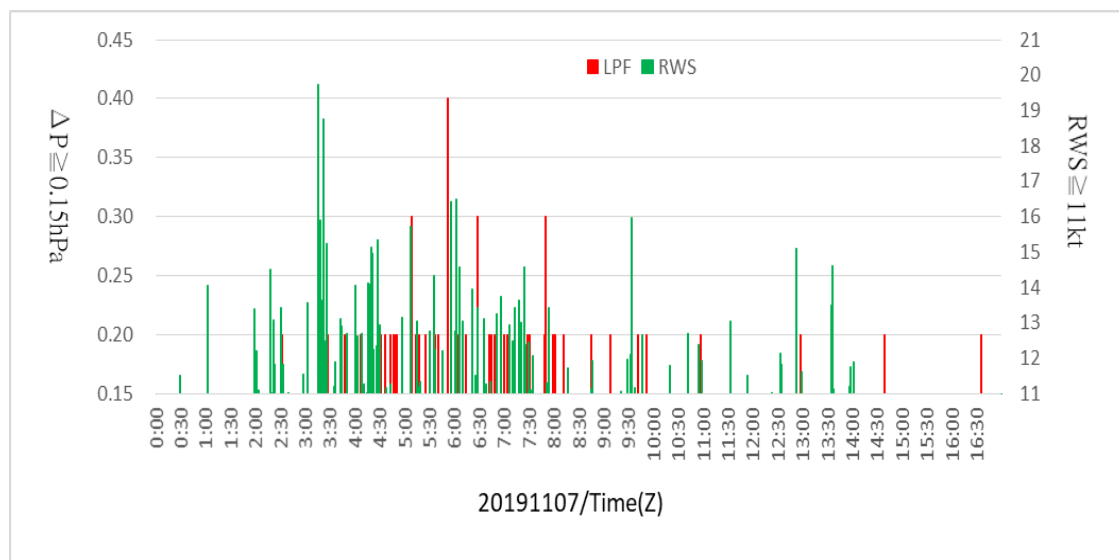


圖3、2019年11月7日0000-1600 UTC 松山機場氣壓大波動（LPF）與跑道風切（RWS）發生分布圖。

Fig. 3. Distribution of large pressure fluctuations (LPF) and runway wind shear (RWS) at Songshan Airport from 0000 to 1600 UTC on November 7, 2019.

表 2、2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場氣壓大波動 (LPF) 與跑道風切 (RWS) 逐時發生之次數和頻率。

註：此處 LPF 和 RWS 計次係以 10 秒為 1 次，每小時計有 360 次。

Table 2. The number and frequency of large pressure fluctuations (LPF) and runway wind shear (RWS) at Songshan Airport from 0000 to 1600 UTC on November 7, 2019.

Note: The counting times of LPF and RWS here are based on 10 seconds as one time, and there are 360 times per hour.

20191107	LPF		RWS	
Time(UTC)	times	times/360	times	times/360
0000		0.0 %		0.0 %
0100		0.0 %	2	0.6 %
0200	1	0.3 %	4	1.1 %
0300	5	1.4 %	10	2.8 %
0400	12	3.3 %	12	3.3 %
0500	13	3.6 %	7	1.9 %
0600	9	2.5 %	9	2.5 %
0700	9	2.5 %	10	2.8 %
0800	5	1.4 %		0.0 %
0900	4	1.1 %	3	0.8 %
1000	2	0.6 %	2	0.6 %
1100		0.0 %	1	0.3 %
1200	1	0.3 %	2	0.6 %
1300		0.0 %	1	0.3 %
1400	1	0.3 %		0.0 %
1500		0.0 %		0.0 %
1600	1	0.3 %		0.0 %
TOTL	63	17.5 %	63	17.5 %

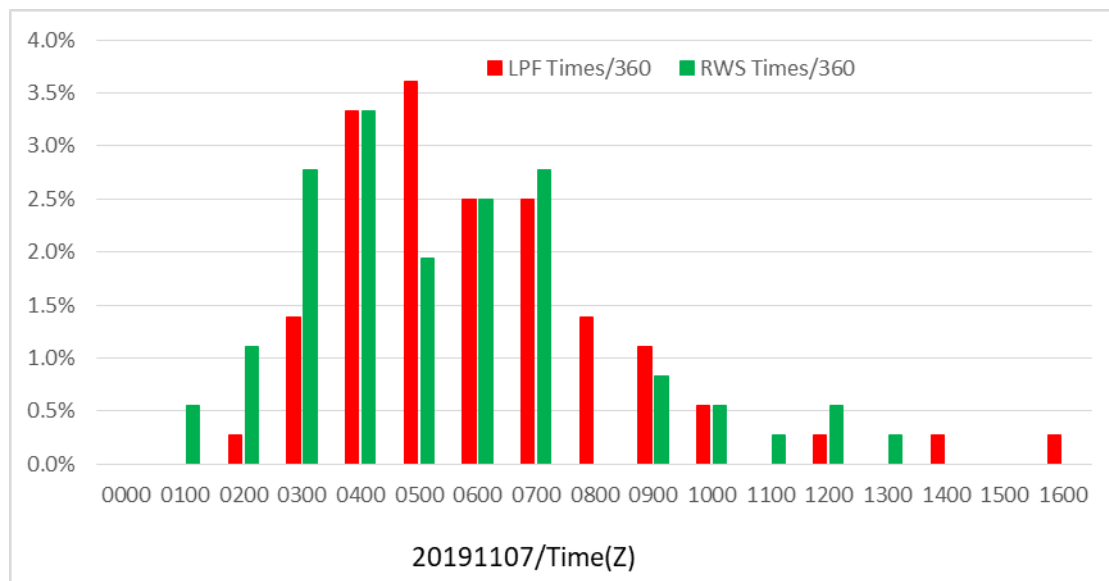


圖 4、2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場氣壓大波動 (LPF) 和跑道風切 (RWS) 逐時發生頻率。

註：此處 LPF 和 RWS 計次係以 10 秒為 1 次，每小時計有 360 次。

Fig. 4. Hourly frequency of large pressure fluctuations (LPF) and runway wind shear (RWS) at Songshan Airport from 0000 to 1600 UTC on November 7, 2019.

Note: The counting times of LPF and RWS here are based on 10 seconds as one time, and there are 360 times per hour.

2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場 LPF 與 RWS 列聯分析，當 LPF 和 RWS 每小時發生  $\geq 1$  次時，其準確率較低 (64.7%)，錯誤率低 (17.6%) 和誤失率都偏高 (17.6%)。其中，準確率包括 LPF 與 RWS 都有發生和都沒發生合併計算，錯誤率係 LPF 發生而 RWS 並沒發生，誤失率係 LPF 沒有發生而 RWS 卻發生。然而當每小時發生  $\geq 5$  次時，其準確率大幅提升至 (94.6%)，錯誤率低 (5.9%) 和誤失率 (0.0%) 也都大幅下降。當每小時發生  $\geq 10$  次時，其準確率 (82.4%) 略有下降，錯誤率仍低 (5.9%)，但誤失率卻略微上升 (11.8%)，

如表 3 和圖 5。

顯示以 LPF 來偵測 RWS，除了兩者零星發生，其準確率較低，錯誤率和誤失率都較高，之外，發生次數較多者，其準確率甚高 (82.4%-94.1%)，錯誤率 (5.9%) 和誤失率都低 (0.0-11.8%)。LPF 和 RWS 兩者每小時發生次數在 10 次以上時，LPF 偵測 RWS 的誤失率略為提升至 11.8%，概因 RWS 於 0300 UTC、0600 UTC 和 0700 UTC 各發生 10 次、12 次和 10 次，而 LPF 於該等小時各僅發生 5 次、9 次和 9 次，未達 10 次以上所致。

表 3、2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場氣壓大波動 (LPF) 與跑道風切 (RWS) 列聯表。

Table 3. Contingency table of large pressure fluctuation (LPF) and runway wind shear (RWS) at Songshan Airport from 0000-1600 UTC on November 7, 2019.

2019 1107	Accuracy		LPF_yes+ RWS_yes		LPF_no+ RWS_no		LPF_yes+ RWS_no		RWS_yes+ LPF_no		
			times	times/17	times	times/17	times	times/17	times	times/17	times
									(false alarm)	(miss alarm)	
$\geq 1$	11	64.7 %	9	52.9 %	2	11.8 %	3	17.6 %	3	17.6 %	
$\geq 5$	16	94.1 %	5	29.4 %	11	64.7 %	1	5.9 %	0	0.0 %	
$\geq 10$	14	82.4 %	1	5.9 %	13	76.5 %	1	5.9 %	2	11.8 %	

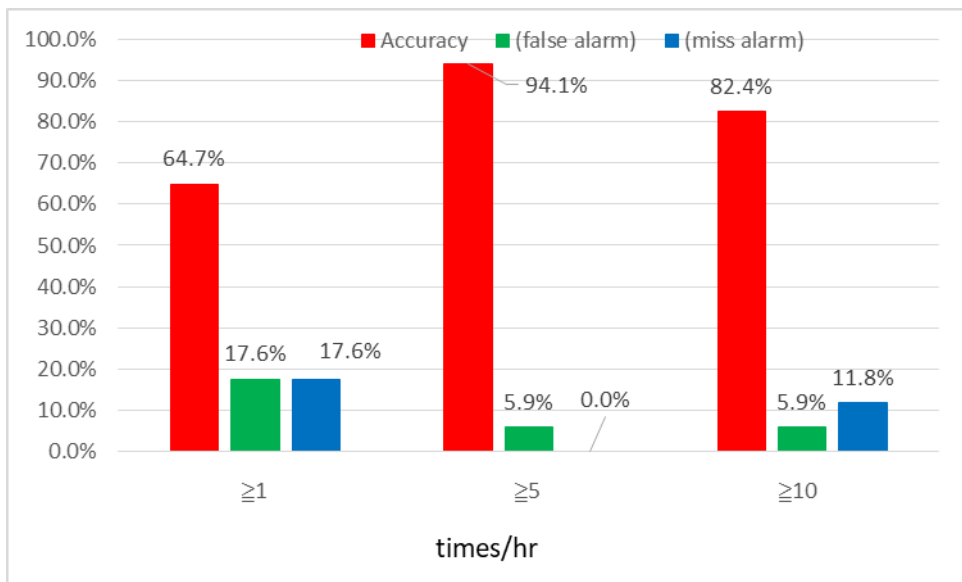


圖 5、2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場氣壓大波動 (LPF) 與跑道風切 (RWS) 按每日按不同次數 ( $\geq 1$  次、 $\geq 5$  次和  $\geq 10$  次) 之列聯分布圖，其中紅色代表精確度，綠色代表錯誤率 and 藍色代表誤失率。

Fig. 5. Large pressure fluctuation (LPF) and runway wind shear (RWS) at Songshan Airport from 0000 to 1600 UTC on November 7, 2019 according to different times per day ( $\geq 1$  time,  $\geq 5$  times and  $\geq 10$  times), where red represents accuracy, green represents error rate and blue represents error rate.

## 四、討論

蒲與林 (2021) 就 2013 年 2 月 24 日松山機場強勁東北季風跑道風切與氣壓大波動之分析，認為氣壓大波動與跑道風切發生起訖時間相當接近，本文進一步透過氣壓大波動與跑道風切列聯分析，了解兩者之相關性。顯示以 LPF 來偵測 RWS，除了兩者零星發生，其準確率較低，錯誤率和誤失率都較高，之外，發生次數較多時，其準確率甚高 (82.4 %-94.1 %)，錯誤率 (5.9 %) 和誤失率都低 (0.0-11.8 %)。LPF 和 RWS 兩者每小時發生次數在 10 次以上時，LPF 偵測 RWS 的誤失率略為提升至 11.8 %，概因 RWS 於 0300 UTC、0600 UTC 和 0700 UTC 各發生 10 次、12 次和 10 次，而 LPF 於該等小時各僅發生 5 次、9 次和 9 次，未達 10 次以上所致。LPF 延遲 RWS 約 1 小時後發生或延後 2 小時結束，時間上最大集中時間的不同是會影響結果，惟 LPF 和 RWS 發生，可了解區段天氣的不穩定。目前松山機場氣壓觀測僅至小數點一位，所以 LPF 門檻值實際上是  $\Delta P \geq 0.2 \text{ hPa}$ ，未來氣壓觀測增至小數點二位時，LPF 門檻值調整為  $\Delta P \geq 0.11 \text{ hPa}$ ，以 LPF 來偵測 RWS，其準確率可能再提高，錯誤率和誤失率可能再降低。是否考慮使用 LPF 預警的可行性，需等待未來從事氣壓大波動來監測跑道風切之實驗計畫加以應證。

我們都知道飛機通常選擇機場跑道逆風起降，如果順風風速超過每小時 10 kt 則改由另一跑道頭起降。但是，機場有時候受地形或天氣系統的影響，雖然選擇逆風起降，但是也會碰到逆風風切或順風風切，造成誤失進場而拉起重飛或提早降落墜毀。所謂逆風風切表示逆風分速之增加或順風分速之減少，使飛機之

指示空速增加而提升高度；順風風切表示順風分速之增加或逆風分速之減少，使飛機之指示空速減少而致下沉。RWS 係在計算逆風風切或順風風切，提供給飛行員起降參考，可確保飛航安全。

目前台灣大小機場多數跑道風切都是由起降飛機的飛行員遭遇風切時，提供機場航空氣象台，再由觀測員在機場天氣報告上加註風切對外發布。根據民航機場氣象作業規定 (ICAO, 2005)，機場氣象台收到低空風切警告系統 (LLWAS) 發出低空風切警告或飛行員有風切報告時，氣象觀測人員會在機場定時天氣報告 (METAR) 或特別天氣報告 (SPECI) 加註風切，當超過 30 分鐘不再接到低空風切警告或飛行員風切報告時，氣象觀測人員就取消 METAR 或 SPECI 天氣報告加註風切，所以氣壓大變動取代風切警告，時間差異在 30 分鐘之內是可接受，至少在還沒有裝設低空風切警告的機場或離島小機場，以氣壓變動當成額外的輔助系統對飛航安全的提升是有助益的。

## 五、結論與未來展望

本文採用 2019 年 11 月 7 日 0000-1600 UTC 松山機場天氣自動觀測系統 (AWOS) 跑道兩頭 (R10 和 R28) 之氣壓和風向風速等資料，分析氣壓大波動 (LPF) 和跑道風切 (RWS) 之次數與頻率分布，再以 LPF 和 RWS 分析彼此關聯性。研究顯示：

- (一) LPF 和 RWS 主要發生時段尚稱集中。
- (二) 以 LPF 來偵測 RWS，兩者發生次數較多時，其準確率甚高，錯誤率和誤失率都低。
- (三) 未來我們將選擇一個離島機場，從事氣壓大波動來監測跑道風切之實驗計畫，實驗成功之後，可以在台灣大小機場以氣壓大

波動來開發跑道風切監測及警告系統，期望這套系統對促進飛航效益和提升飛航安全，將有莫大助益。

## 六、致謝

感謝民用航空局飛航服務總台提供松山機場自動觀測和機場天氣報告等資料。感謝施蔡國瑛女士和陳琰亮先生贊助研發。

## 參考文獻

- 蒲金標，2003：臺灣松山機場低空風切系統與低空風切診斷分析，*大氣科學*，**31**，181-198。
- 與林清榮，2017a：馬祖南竿機場誤失進場風切與氣壓大波動分析。*航空安全及管理季刊*，**4**，65-78。
- 與林清榮，2017b：2010~2014年松山機場低空風切與氣壓大波動之日變化分析研究，*大氣科學*，**45**，261-280。
- 與林清榮，2018：2014-2016年馬祖南竿機場跑道氣壓大變動與逆風(順)風切分析研究。*航空安全及管理季刊*，**5**，42-55。
- 與林清榮，2021：松山機場強勁東北季風跑道向量風切與氣壓大波動之分析研究，*飛航天氣期刊*，**36**，19-30。
- 與徐茂林，2016：菲特(FITOW)颱風影響松山機場低空風切之觀測個案分析研究，*飛航天氣期刊*，**25**，30-50。
- 徐茂林及游志遠，2015：2013年7月12-13日蘇力颱風侵襲期間松山機場低空風切分析研究，*大氣科學*，**43**，27-46。
- 徐茂林、游志遠及劉珍雲，2014：臺灣低壓鋒面與松山機場低空風切個案研究，*航空安全及管理季刊*，**1**，227-243。
- ICAO(International Civil Aviation Organization),2014: Manual on Low-Level wind-Shear, May 3, 2014—First. Edition — 2005. Doc. 9817 -AN/449, 213 pp., <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2194.pdf>
- Katul, Gabriel G., J. D. Albertson, M. B. Parlange, Cheng-I. Hsieh, P. S. Conklin, John T. Sigmon, and Ken R. Knoerr, 1996 : The “Inactive” Eddy Motion and the Large-Scale Turbulent Pressure Fluctuations in the Dynamic Sublayer. *J. Atmos. Sci.*, **53**, p2512-2524.
- Shreffler, Jack H. and Francis S. Binkowski, 1981: Observations of Pressure Jump Lines in the Midwest, 10-12 August 1976. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 1713-1725.
- UCAR(University Corporation for Atmospheric Research),2021 : Low Level Wind-shear Alert System (LLWAS-III), <https://ral.ucar.edu/solutions/products/low-level-wind-shear-alert-system-LLWAS-III>
- Vianai Samul, Carlos Yaguei, Gregorio Maqueda and Gema Morales, 2007: Study of the surface pressure fluctuations generated by waves and turbulence in the nocturnal boundary layer during SABLES2006 field campaign. *Física de la Tierra* , **19**, 55-71.
- Wakimoto, R. M., 1982: The Life Cycle of Thunderstorm Gust Fronts as Viewed with Doppler Radar and Rawinsonde Data. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1060-1082.
- Wei Z., H.Zhang, Y.Ren, Q.Li, X.Cai, Y.Song, L.Kang,2021:Study on the characteristics

of the pressure fluctuations and their contribution to turbulence kinetic energy. *Atmos. Res.*, **258**(2021), Article 105634.

# A Case Study of Large Pressure Fluctuations and Runway Wind Shear at Songshan Airport on November 7, 2019

Chin-Piao Pu<sup>1</sup>, Chung-Chieh Wang<sup>2</sup>

The Meteorological Environment Research and Development Center <sup>1</sup>  
National Taiwan Normal University, Department of Earth Sciences <sup>2</sup>

## Abstract

This paper uses the pressure, wind direction and wind speed data at the two runway (R10 and R28) of Automatic Weather Observation System (AWOS) at Songshan Airport from 0000 to 1600 UTC on November 7, 2019, to analyze the times and frequency distribution of large pressure fluctuation (LPF) and runway wind shear (RWS), and then analyze the correlation with the large fluctuation of air pressure and the runway wind shear. The results of the study show that the periods of large pressure fluctuations and runway wind shear at Songshan Airport are still concentrated. The runway wind shear is detected by large fluctuations in air pressure. If the number of occurrences is large, the accuracy rate is very high, and the error rate and error rate are both low. In the future, we will choose an island airport to carry out the experimental project of monitoring runway wind shear with large pressure fluctuations. After the experiment is successful, we can develop a runway wind shear monitoring and alert system with large pressure fluctuations in airports in Taiwan. It will be of great help to promote aviation efficiency and enhance aviation safety.

**Key words:** Automatic Weather Observation System, Pressure Standard Deviation, Large Pressure Fluctuation, Runway Wind Shear, Accuracy Rate, Error Rate and Miss Rate.