

# 臺灣地區閃電資料分析探討-以臺南機場夏半年為例

李昌運

空軍氣象聯隊第一天氣中心

## 摘要

雷暴系統及其伴隨天氣現象與飛航與民眾生命財產明顯威脅，然雷暴系統生命期短暫，氣象觀測系統時空解析度不足以完全解析雷暴現象之即時發展與演進趨勢，使雷暴系統預報與偵知成為航空氣象與防災人員之一大挑戰，更是加深雷暴系統守視的難度，而雷暴系統中的放電現象更是造成極大威脅。

本文藉由分析臺南機場地區2019年夏半年（5月至10月）午後對流閃電資料，以臺灣全方位閃電網閃電資料分析其時間與空間特性，並探討雲對地放電(Cloud to Ground, CG)發生前兆，並針對CG超過10,000次之個案進行分析，結果發現臺南機場CG發生前，雲中放電(In Cloud, IC)在空間及時間分布上均呈現躍昇(IC jump)情況，可知IC出現的時間及空間，有助於短時預警伴隨雷暴之劇烈天氣現象。

**關鍵字：**臺灣全方位閃電網、IC jump。

## 1. 前言

臺灣地區特殊的地形與海陸分布，受到太陽輻射加熱之差異，常伴隨海陸風與山谷風等局部環流的發展，而臺南機場位海陸交界處，在弱綜觀環境下，如有適當的環境風場配合垂直不穩定條件下，常有雷暴系統發生，其所伴隨的放電現象，易肇致危安事件發生，影響飛安甚鉅，然雷暴系統的時間及空間尺度小，其生命週期僅數十分鐘至數小時，Changon(1993)曾統計過美國的閃電資料，尤其研究報告顯示，美國西部有20%及美國東南部50%的雲對地放電(Cloud to Ground, CG)未被地面測站所觀測到，而其總數30%至60%雷聲現象(TS)因時間短促而未被觀測到，發生於地面測站20公里範圍內的CG有10%至40%未被觀測，由上述可知閃電現象因其

發生的時間短暫，且可被人工觀測的難度甚高，常有遺漏情況。

因此近年來劇烈對流系統議題漸受重視，如陳及劉(2017)即運用數值模式針對臺北盆地暖季在弱綜觀環境下午後雷陣雨進行分析研究；葉及呂(2015)則是運用衛星資料發展一指數，以應用於夏季午後熱對流之預測，齊(2013)運用衛星資料對臺灣地區暖季午後雷陣雨進行一分析，並期望能建立一概念模式；而戴等(2013)及劉等(2017)則利用台電落雷偵測資料針對臺灣地區午後雷暴個案進行分析，由上述學者所提出研究可發現，其中有針對發生於臺灣西半部地區的雷暴系統進行天氣診斷分析，有著重雷電資料分析研究，有運用衛星資料或利用數值模式進行天氣系統研析，然而針對單一地區雷暴系統預報少，因此，本

文以閃電資料進行雷暴系統進行，希望結果可提供臺南機場劇烈對流預報的參考。

## 2. 資料來源與研究方法

### 2.1 資料來源

本文運用臺灣全方位閃電網(Taiwan Total Lightning Network, TTLN)的觀測資料進行統計分析，而TTLN為「整合型閃電預警網」(Earth Networks Total Lightning Network, ENTLN)中臺灣地區之測站資料，該系統可即時辨識閃電現象發生的時間、位置、覆蓋範圍、強度及趨勢變化等。

此系統藉由地面偵測到電磁脈衝現象後，以到達時間差法(Time Difference of Arrival, TDOA)針對現象發生地點進行定位，其中包含雲中放電(In Cloud, IC)及，且其偵測波段由1M Hz至12M Hz，因臺灣全方位閃電監測網料僅2017年8月後建置，而為做對流系統分析，故本文僅針對2019年資料進行分析。

### 2.2 個案選擇

本文所定義的臺南機場地區範圍為以北緯22.95度、東經120.22度為中心，半徑為40公里的區域，後將2019年5月至10月臺南機場地區內出現閃電現象進行統計，由2019年5月至10月個案可發現，臺南機場在該時期發生放電現象共有110日(如表1)，而為將雷暴系統發展強度不足之個案進行剔除，以增加個案代表性，故將所篩選出之雷暴個案CG放電次數低於1,000次之個案剔除，單日CG發生次數超過1000次之個案為16日(如表2)，最後針對CG超過10,000次之個案(7月19日及8月13日)分析。

後藉由個案中閃電發生次數及位置來

進行臺南機場地區閃電現象之時間與空間特性分析，並分析個案IC與CG關聯性，以進行臺南機場地區閃電現象發生前兆，增加對臺南機場地區雲對地放電現象之預報參考依據，並進而建立臺灣地區閃電行為的概念模式。

## 3. 個案資料統計分析

### 3.1 臺南機場地區夏半年閃電時間分布特性

由臺南機場地區閃電發生個案日數逐月分布圖(如圖1)可知，臺南機場於2019年夏半年閃電個案發生個案日數以8月為最高，共計發生個案27日，7月次之，共計發生個案26日，其次分別為6月(共計發生個案23日)、5月(共計發生個案14日)、9月(共計發生個案13日)，10月為最低(共計發生個案7日)，可知5月至6月為臺南機場閃電發生個案開始有遞增情況，7月至8月為雷暴發生之好發期，而9月開始呈現下降趨勢；而由閃電發生次數(如圖2)可發現，以8月最高(共計發生172,503次)，7月次之(共計發生152,632次)，其次分別為6月(共計發生57,002次)、9月(共計發生36,826次)、5月(共計發生26,888次)，10月(共計發生16,994次)最低。

但若以本文雲對地閃電超過1000次個案資料可發現，臺南機場於2019年夏半年閃電個案發生個案日數(如圖3)以8月(共計發生個案7日)最高，7月及6月次之(共計發生個案4日)，其次分別為5月(共計發生個案1日)，9月及10月均未發生超過1000次以上之個案；而由CG放電發生次數(如圖4)可發現，以7月(22,986次)最高，8月次之(21,768次)，其次分別為6月(

7,197次)，5月（2,953次）最低，綜上可知4月至5月為臺南機場開始有閃電個案發生，6月至8月為雷暴發生之好發期，9月開始呈現有明顯下降趨勢。

### 3.2 臺南機場地區閃電現象特性

由臺南機場地區閃電現象資料顯示，IC及CG次數佔總放電數的比例可發現分別為84.4%（390,746次）及15.6%（72,099次），而5月IC及CG次數佔當月總放電數的比例可發現分別為85.7%（23,053次）及14.2%（3,835次），6月IC及CG次數佔當月總放電數的比例可發現分別為82.3%（46,898次）及17.7%（10,104次），7月IC及CG次數佔當月總放電數的比例可發現分別為81.7%（124,773次）及18.3%（27,859次），8月IC及CG次數佔當月總放電數的比例可發現分別為85.1%（146,897次）及14.9%（25,606次），9月IC及CG次數佔當月總放電數的比例可發現分別為90.0%（33,610次）及10.0%（3,666次），10月IC及CG次數佔當月總放電數的比例可發現分別為93.9%（15,965次）及6.1%（1,029次），由上可知，在臺南機場夏半年閃電發生個案中所產生的IC次數遠高於CG次數，其IC與CG發生次數比為5.42：1。

### 3.3 閃電個案資料分析雲對地放電與雲中放電關聯分析

本文為針對臺南機場地區夏半年對流個案中IC與CG現象發生關聯性，以研究方法中所律定之篩選原則進行個案篩選，後將臺南機場地區5月至10月間閃電發生個案中總放電次數超過1000次的個案中進行閃電資料分析，其中可發現在其中IC與CG現象發生具有一定關聯性，分述如下：

(1)由本文所定義為臺南機場地區夏半年的雷暴對流系統個案中，可發現在16個個案中，臺南機場地區如有CG發生，於之前常有IC發生。

(2)由本文個案中臺南機場十分鐘逐時累積次數分布圖可發現，以CG與IC發生次數來做一比較，可知IC發生次數較CG發生次數明顯為高，而在IC及CG發生次數的成長趨勢上具有一致性。

(3)在個案中亦可發現CG在10分鐘內發生50次之前，IC十分鐘發生次數逐時分布曲線斜率均有明顯增加趨勢，且其斜率高於IC十分鐘累積逐時分布曲線斜率之情況，可知IC如有突增情形，可作為CG預報前兆。

### 3.4 閃電個案資料分析雲對地放電與雲中放電關聯分析

本文主要探討雷暴系統對臺南機場之影響，為增加個案代表性，故將上文所列個案，再將CG放電超過10,000次的7月19日（後文簡稱A案）及8月13日（後文簡稱B案）進行個案分析。

由A案10分鐘IC及CG分布圖及逐時累積次數圖中（圖11及圖12）可發現，1440至1500LST中A1區IC及CG有少量發生情形，1500至1510LST間A2區IC有明顯增加的情況，同時有少量CG出現，1510至1530LST中A2區IC及CG均有逐漸增加趨勢；1530至1540LST間A3區IC有明顯增加的情況，同時有CG出現，1540至1600LST中A3區IC及CG有逐漸增加趨勢，1600至1620LST間A4區IC有明顯增加的情況，同時有CG出現，1620至1640LST中A4區IC及

CG有逐漸增加趨勢。

由B案10分鐘IC及CG分布圖及逐時累積次數圖中（圖13及圖14）可發現，1000至1010LST中B1區有IC及CG發生情形，1010至1020LST間B2區IC有明顯增加的情況，同時有少量CG出現，1020至1050LST中B2區IC及CG均有明顯增加趨勢，B1區IC及CG有減少的情況，1030至1100LST間IC及CG朝B3區擴散；1100至1110LST間B3區IC有明顯增加的情況，同時有CG出現，1110至1120LST中B3區IC及CG有逐漸增加趨勢，1130至1140LST間B3區IC及CG開始有減少發生的趨勢。

由上述個案可知在本文所定義臺南機場地區夏半年的劇烈對流個案中，可發現下列現象：

- (1)由個案A及個案B均可發現CG發生之區域，在其發生前均有IC產生，顯見在CG發生前，IC較其於之前發生，可做為CG發生前的徵兆之一。
- (2)由個案A及個案B均可發現CG發生之區域，除在CG發生前，均有IC產生外，配合發生次數，也可發現CG發生前，IC 10分鐘發生次數均有明顯增加趨勢。
- (3)綜上可知，在個案A及個案B中如出現IC jump，則CG隨之有密集發生狀況，因此IC如有密集發生現象，可成為CG預報的重要參考依據。

#### 4. 結論

雷暴系統一直是飛航安全所重視的天氣現象，如何準確地預報及偵知放電現象

，一直為航空氣象所重視，本文使用臺灣全方位閃電網閃電資料進行統計分析，由統計資料顯示：

- (1)臺南機場地區在閃電現象發生時，IC放電總數均超過CG放電數，IC與CG比例為5.42：1。
- (2)臺南機場閃電發生個案以8月最高，7月次之，其後依序為6月、5月、9月及10月；第一次CG放電均落後於IC，且CG發生前，IC均有有突增情形，可作為CG預報前兆。
- (3)本文個案中CG發生前，均有IC產生，顯見在CG發生前，於之前常有IC發生，可做為CG發生前之徵兆。
- (4)由本文個案中10分鐘逐時累積分布圖可發現，IC及CG發生次數的成長趨勢上具有一致性，當CG發生前，IC 10分鐘累積逐時分布曲線斜率均有明顯增加趨勢，而且呈現出IC jump，可作為CG預報前兆。

而本文因臺灣全方位閃電網測站建置時間較短，資料有限，後續將持續累積資料，以增加資料代表性，並加強閃電現象發生空間分布特性與局部風場及雷達迴波做一關聯性分析，以瞭解對危安天氣發生的氣象背景與降雨分析進行瞭解，以做為未來遇到雷暴系統之預報參考。

## 5. 參考文獻

- 陳泰然、周鴻祺、廖佩娟、楊進賢，2009：  
：暖季弱綜觀強迫下中北臺灣午後熱對  
流的氣候特徵，大氣科學，37卷，69-108
- 林品芳、張保亮、周仲島，2012：弱綜觀  
環境下臺灣午後熱對流特徵及其客觀  
預報，大氣科學，40卷，77-108。
- 戴志輝、林博雄、王尹懋、王安翔，2013  
：午後對流個案之全閃電分析，102年  
中央氣象局天氣分析與預報研討會。
- 齊祿祥，2013：臺灣地區暖季午後雷陣雨  
之氣候特徵與概念模式分析，102年中  
央氣象局天氣分析與預報研討會。
- 葉南慶、呂冠毅，2015：衛星資料應用於  
夏季午後熱對流之初步分析，104年中  
央氣象局天氣分析與預報研討會。
- 陳奕翰、劉清煌，2017：暖季弱綜觀環境  
下臺北盆地午後雷陣雨觀測及模式資  
料分析，106年中央氣象局天氣分析與  
預報研討會。
- 空軍氣象聯隊，2014：臺南基地雷暴(雨)  
之統計分析。1992-2011年氣候統計分  
析，26-36。
- 戴志輝、王尹懋、楊明仁、林博雄，2016  
：雲中閃電預警對流性降雨初探。大氣  
科學，45,1，43-55。
- 陳柏榮與洪景山，2015：台灣電力公司閃  
電資料特徵分析。大氣科學，43，  
285-300。
- 戴志輝、林得恩及賴世運，2008：臺灣北  
部午後對流閃電與綜觀氣流風向之關  
係。大氣科學，36，179-196。
- 戴志輝、王尹懋、王安翔及林博雄，2015  
：雲中閃電資料應用於雷暴即時預警之  
研究。大氣科學，43，115-132。
- Akaeda, K., J. Reisner, and D. Parsons, 1995:  
The role of mesoscale and topograph-  
ically induced circulations initiating a  
flash flood observed during the TAMEX  
project. *Mon. Wea. Rev.*, 123,  
1720-1739.
- Atkins, N. T., and R. M. Wakimoto, 1997:  
Influence of the synoptic-scale flow on  
seabreezes observed during CAPE. *Mon.  
Wea. Rev.*, 125, 2112–2130.
- Changnon, S. A., 1993: Relations between  
thunderstorms and cloud-to-ground  
lightning in the United States. *J. Appl.  
Meteor.*, 32, 88-105.
- Chen, C.-S. and Y.-L. Chen, 2003: The rain-  
fall characteristics of Taiwan. *Mon. Wea.  
Rev.*, 131, 1323–1341.
- Chen, C.-S., Y.-L. Chen, C.-L. Liu, P.-L. Lin,  
and W.-C. Chen, 2007: Statistics of  
heavy rainfall occurrences in Taiwan.  
*Wea. Forecasting*, 22, 981–1002.
- Chen, T. C., M. C. Yen, J. C. Hsieh, and R.  
W. Arritt, 1999: Diurnal and seasonal  
variations of the rainfall measured by the  
automatic rainfall and meteorological  
telemetry system in Taiwan. *Bull. Amer.  
Meteor. Soc.*, 80, 2299-2312.
- Grabowski, J. G., Curriero, F. C., Baker, S. P.,  
& Li, G. (2002). Exploratory spatial

analysis of pilot fatality rates in general aviation crashes using geographic information systems. *American Journal of Epidemiology*, 155, 398–405.

Lin, P. F., P. L. Chang, B. J.-D. Jou, J. Wilson, and R. Roberts, 2012: Objective prediction of warm season afternoon thunderstorm in northern Taiwan using a fuzzy logic approach. *Wea. Forecasting*, 27, 1178-1197.

Lin, Y.-L., D. J. Han, W. Hamilton, and C.-Y. Huang, 1999: Orography Influence on a drifting cyclone. *J. Atmos. Sci.*, 56,534-562.

Ruppert Jr. J. H., R. H. Johnson, and A. K. Rowe, 2013: Diurnal circulations and rainfall in Taiwan during SoWMEX/TiMREX (2008). *Mon. Wea. Rev.*, 141, 3851-3872.

Williamson, S. P., Stailey, J. E., & Welshinger, M. J. (2009). Results of the national aviation weather program’s 10-year goal to reduce weather-related accidents by 80 percent. 25th Conference on International Interactive Information and Processing Systems (IIPS) for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, Phoenix, AZ, American Meteorological Society, 4A.1.

### 6. 圖表彙整

表1 2019年夏半年閃電發生個案。

2019 年					
5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
1 日	1 日	1 日	1 日	1 日	3 日
15 日	2 日	2 日	2 日	2 日	4 日
16 日	4 日	3 日	3 日	3 日	5 日
17 日	5 日	4 日	4 日	4 日	6 日
18 日	6 日	5 日	5 日	5 日	8 日
19 日	7 日	6 日	6 日	6 日	12 日
20 日	9 日	7 日	7 日	7 日	13 日
21 日	10 日	8 日	8 日	8 日	
24 日	11 日	9 日	10 日	9 日	
25 日	12 日	10 日	11 日	10 日	
28 日	13 日	11 日	12 日	14 日	
29 日	14 日	12 日	13 日	15 日	
30 日	16 日	15 日	14 日	28 日	
31 日	17 日	18 日	15 日		
	18 日	19 日	16 日		
	23 日	20 日	17 日		
	24 日	21 日	18 日		
	25 日	22 日	19 日		
	26 日	23 日	20 日		
	27 日	24 日	21 日		
	28 日	25 日	22 日		
	29 日	26 日	23 日		
	30 日	27 日	24 日		
		28 日	25 日		
		30 日	29 日		
		31 日	30 日		
			31 日		

表2 臺南機場2019年夏半年個案（CG 總放電次數高於1,000次）。

2019 年					
5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
20 日	4 日	19 日	1 日		
	11 日	20 日	2 日		
	13 日	28 日	5 日		
	14 日	30 日	12 日		
			13 日		
			14 日		
			30 日		

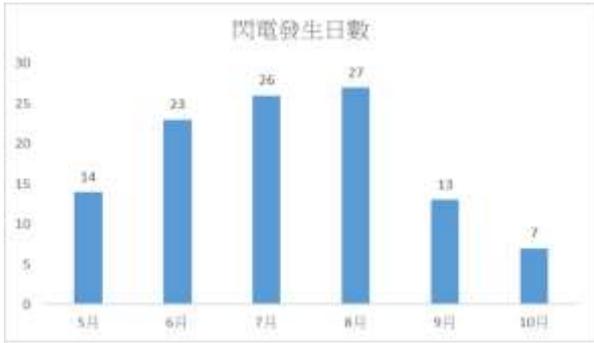


圖1 臺南機場地區2019年閃電發生個案日數逐月分布圖。

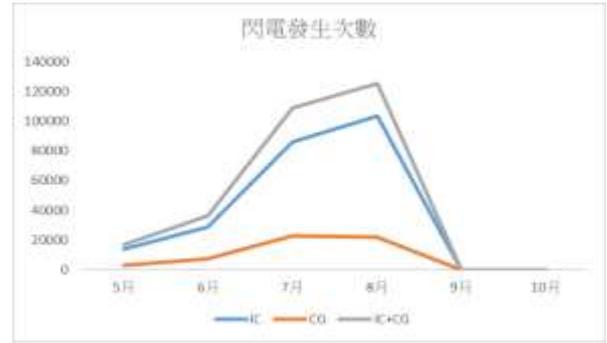


圖4 臺南機場地區閃電發生個案 (CG超過1000次) 發生次數逐月分布圖。

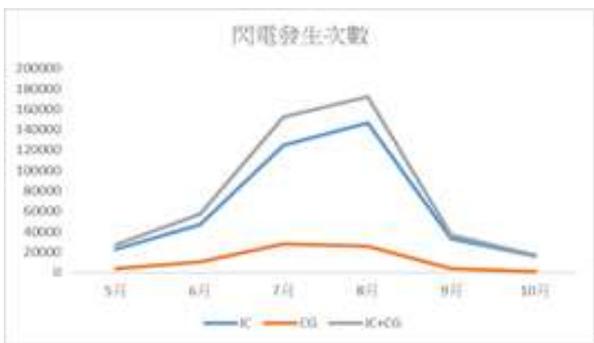


圖2 臺南機場地區閃電發生次數逐月分布圖。

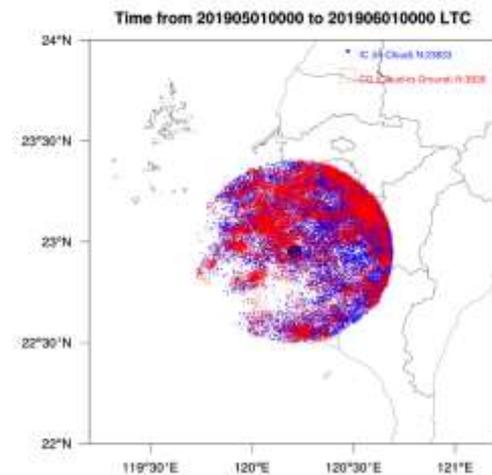


圖5 臺南機場地區5月閃電發生位置分布圖 (紅色方格為CG, 藍點為IC)。

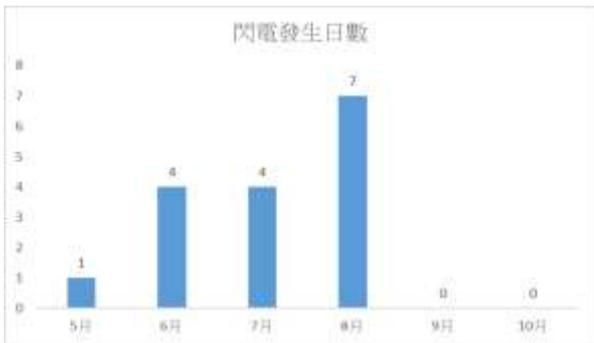


圖3 臺南機場地區2019年閃電發生個案 (CG超過1000次) 日數逐月分布圖。

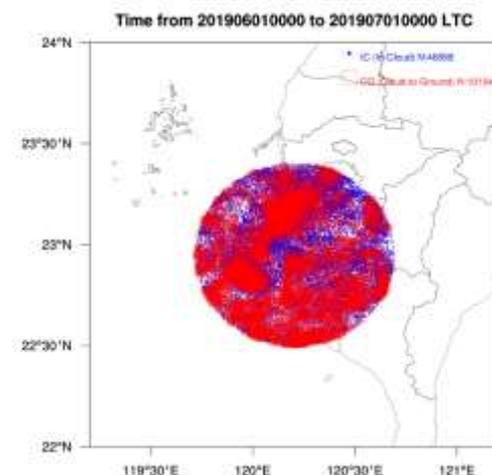


圖6 臺南機場地區6月閃電發生位置分布圖 (紅色方格為CG, 藍點為IC)。

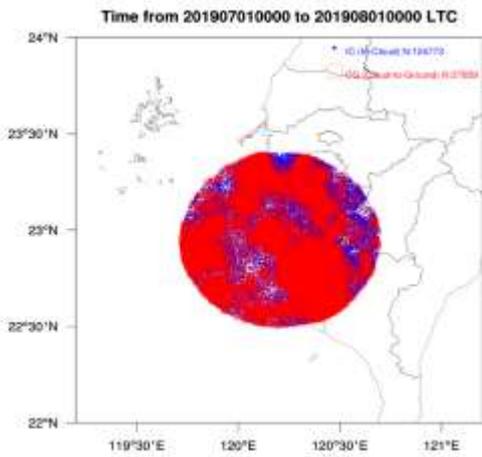


圖 7 如臺南機場地區 7 月閃電發生位置分布圖（紅色方格為 CG，藍點為 IC）。

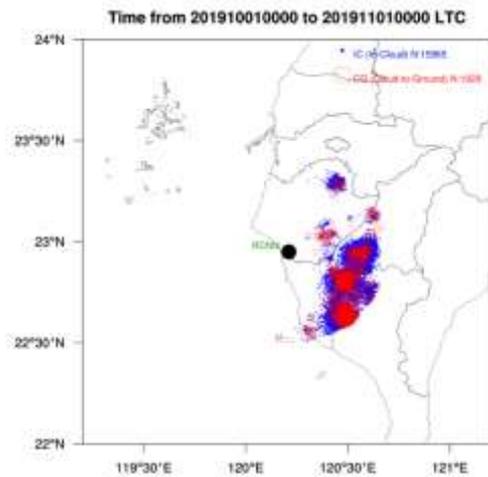


圖 10 臺南機場地區 10 月閃電發生位置分布圖（紅色方格為 CG，藍點為 IC）。

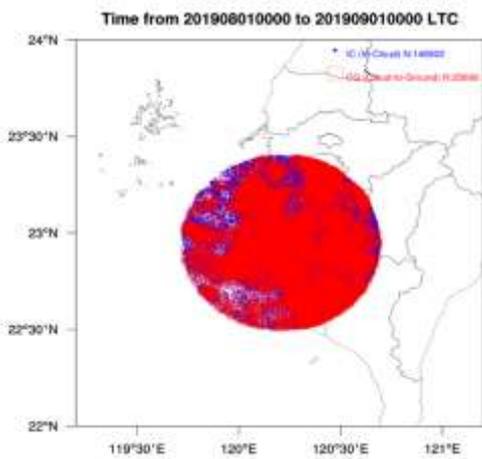


圖 8 西南氣流示意圖（摘自：宜蘭縣教育資源平臺）。

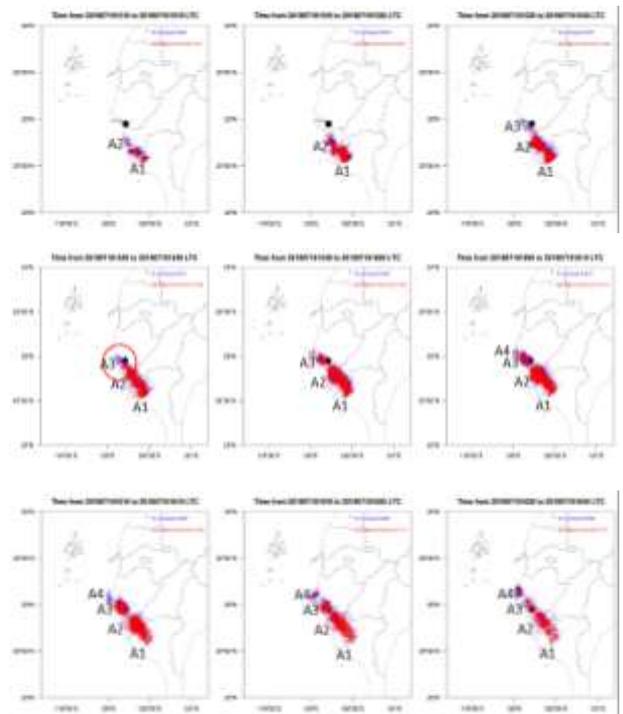


圖 11 臺南機場地區 7 月 19 日 10 分鐘閃電現象分布圖。

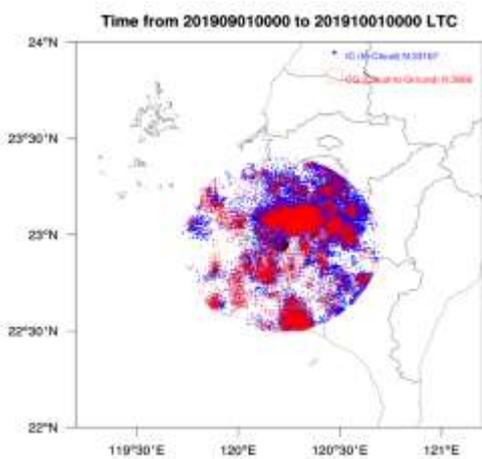


圖 9 臺南機場地區 9 月閃電發生位置分布圖（紅色方格為 CG，藍點為 IC）。

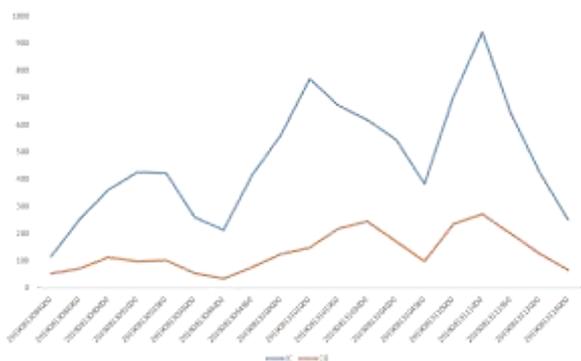


圖12 臺南機場地區7月19日逐時累積次數圖。

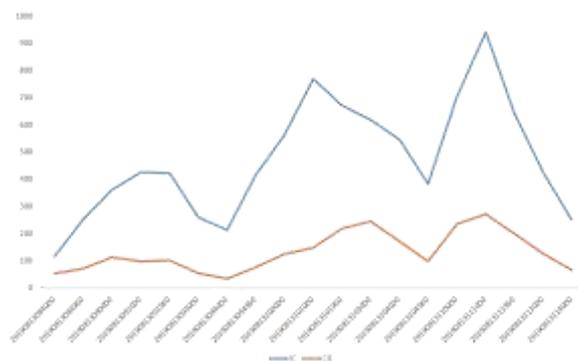


圖14 臺南機場地區8月13日逐時累積次數圖。

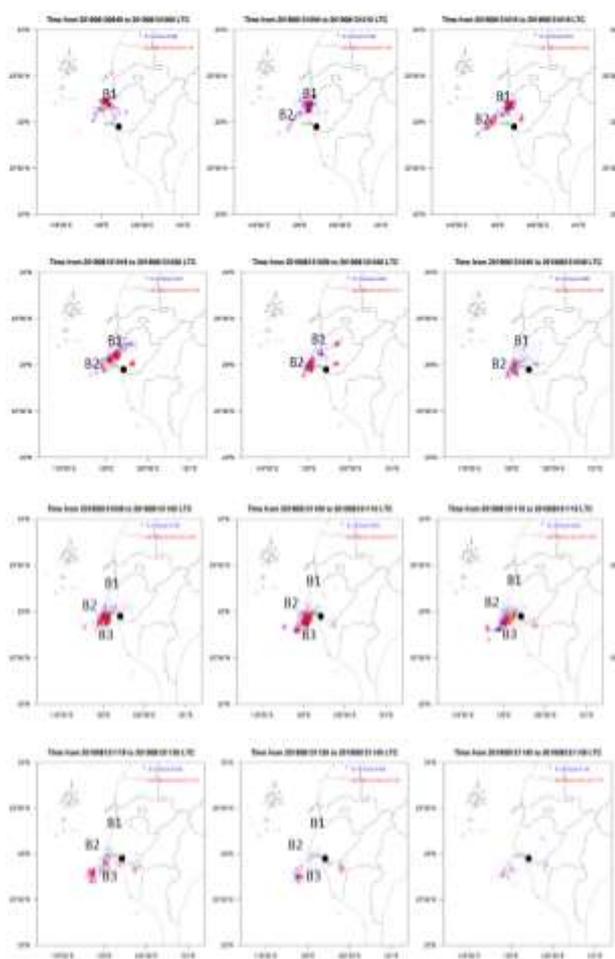


圖13 臺南機場地區8月13日10分鐘閃電現象分布圖。

# **The Study of Applying Lightning Data in Taiwan-A Case Study of Tainan Airport in Summer Half Year**

Lee-Chang Yun

The First Weather Center of Air Force Weather Wing

## **Abstract**

The thunderstorm system and its accompanying weather phenomena pose obvious threats to flight safety and the lives of public. It isn't enough to fully observe the development and evolution trends of thunderstorm system because the life of thunderstorm system is short-lived. Thunderstorm system forecast and detection became one of the major challengers for aviation meteorology and disaster prevention personnel. It is deepened the difficulty of monitoring the thunderstorm system, and the discharge phenomena in the thunderstorm system poses a great threat.

It discusses the precursors of CG (Cloud to Ground) by analyzing the time and space characteristics of lightning data of Taiwan Total Lightning Network and the case CG have been found exceeding 10,000 times in the summer half year of 2019 (May to October) in The Tainan Airport area. It was found that before the occurrence of CG at The Tainan Airport, it showed an IC jump in both space and time distribution. It can be seen that the time and space of IC appearance can help in short-term early warning of severe weather phenomena accompanied by thunderstorms.

**Keyword: Taiwan Total Lightning Network, IC jump**