

臺灣地區夏半年午後對流閃電資料分析-以嘉義機場為例

石琦堅¹ 李昌運² 宋偉國³

¹空軍氣象中心

²空軍氣象聯隊第四天氣中心

³空軍航空技術學院軍事氣象系

摘要

雷暴系統及其伴隨天氣現象對飛航與民眾生命財產均會產生明顯威脅，但雷暴系統生命週期短，大部氣象觀測儀器的解析度不足以即時觀測雷暴系統的發展與演進過程，更是加深雷暴系統守視的難，使雷暴系統預報與偵知成為航空氣象的一大挑戰度。

本文藉由分析嘉義機場地區 2018 年夏半年（4 月至 9 月）午後對流個案閃電資料，以臺灣全方位閃電網（TTLN, Taiwan Total Lightning Network）閃電資料分析其時間與空間特性，並探討雲對地放電的發生前兆。結果由嘉義機場午後對流個案閃電資料中可發現，其雲對地放電（CG, Cloud-to-Ground Lightning）與雲中放電（IC, Inter Cloud Lightning）發生比例為 8.8% 及 91.2%，且在 CG 發生前，IC 均呈現一明顯增加情況，顯見 IC 突增的情況，有助於雷暴之劇烈天氣系統短時預警。

關鍵字：臺灣全方位閃電網、雲中放電、雲對地放電

一、前言

近年來午後對流議題漸受重視，因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，而發生時常伴隨有下暴氣流、風切變、閃電及暴雨等天氣現象，影響飛安甚鉅，使雷暴系統預報與偵知成為航空氣象的一大挑戰度；而其中閃電所造成的危害尤鉅，且其預報有相當難度，配合臺灣地區特殊的地形分布及太陽輻射加熱之差異，常有海陸風與山谷風等局部環流的發展，由上更可知雷暴系統的預報難度。

嘉義機場位中央山脈西側，若在弱綜觀環境下，如有適當的環境風場配合垂直不穩定條件下，常有午後對流發生，其所伴隨的放電現象，易肇致危安事件發生；而陳及劉（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）則利用臺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做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，本文以臺灣全方位閃電網閃電資料針對嘉義機場進行雷暴系統進行，希望結果可提供嘉義機場雷暴系統預報的參考依據。

二、資料來源與研究方法

（一）資料來源

本文運用臺灣全方位閃電網（TTLN, Taiwan Total Lightning Network）的

觀測資料，此系統由地面偵測到電磁脈衝現象後，再針對現象發生地點進行定位，其中包含雲中放電（IC，包括單一雲中及連續雲中放電）及雲對地放電（CG），且其偵測波段由 1 Hz 至 12MHz，但因臺灣全方位閃電監測網於 2017 年 8 月建置，因此本文為做夏季午後對流系統分析，僅針對 2018 年暖季（4 月至 9 月）資料進行分析。

（二）個案選擇

本文所定義的嘉義機場範圍為以北緯 23.45 度、東經 120.40 度為中心，半徑為 30 公里的區域，而為區隔午後對流與其他天氣系統，本文將 2018 年 4 月至 9 月每一天 1200 時至 1759 時在嘉義機場地區內出現閃電，並去除有自海面上移向陸地的記錄之個案，以排除直接受鋒面或颱風等其他天氣系統影響的個案；由 2018 年 4 月至 9 月個案可發現，嘉義機場在該時期發生放電現象共有 88 日（如表 1），而在前述原則與條件的限制之下，定義嘉義機場地區午後對流個案為 51 天（如表 2）。

而後為將午後對流發展強度不足之個案進行剔除，以增加個案代表性，故將所篩選出之午後對流個案總放電次數低於 1000 次之個案剔除（個案如表 3），共計 29 天，以進行分析因此定義嘉義地區午後雷暴之前兆。

最後針對上述個案進行閃電資料時間與空間分布特性分析，以增加對嘉義機場地區午後雷暴系統之預報參考依據。

三、個案資料統計分析

（一）個案資料時空特性分析

1. 嘉義機場地區午後雷暴系統閃電時間分布特性

由嘉義機場地區 4 月至 9 月閃電資料逐月分布圖（如圖 1 至圖 4）可知，嘉義機場雷暴發生個案日數以 6 月（23 日）最高，8 月次之（21 日），其次分別為 7 月（20 日）、9 月（14 日）、5 月（6 日），4

月（4 日）最低，可知嘉義機場 4 月至 5 月雷暴發生個案開始呈現上升趨勢，6 月至 8 月為雷暴發生之好發期，而 9 月開始呈現下降趨勢；而由閃電發生次數可發現，以 7 月（91051 次）最高，8 月次之（62522 次），其次分別為 6 月（57107 次）、9 月（18371 次）、5 月（12961 次），4 月（4686 次）最低。

嘉義機場午後雷暴發生個案日數以 7 月（14 日）最高，8 月次之（12 日），其次分別為 6 月（11 日）、9 月（10 日）、5 月（3 日），4 月（1 日）最低，可知 6 月至 8 月為嘉義機場發生之好發期，而 9 月開始呈現下降趨勢；而由閃電發生次數可發現，以 7 月（79056 次）最高，8 月次之（52451 次），其次分別為 6 月（46819 次）、9 月（17462 次）、5 月（5265 次），4 月（4615 次）最低。

而由午後雷暴個案放電資料顯示，IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 91.2% 及 8.8%，而 4 月 IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 94.6% 及 5.4%，5 月 IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 87.8% 及 12.2%，6 月 IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 93.7% 及 6.3%，7 月 IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 91.3% 及 8.7%，8 月 IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 88.4% 及 11.6%，9 月 IC 及 CG 次數佔總放電數的比例可發現分別為 91.2% 及 8.3%，由上可知，在嘉義機場午後對流 IC 與 CG 約為 10.98:1，午後對流閃電發生天數及次數以 7 月最高，8 月次之，後續依序為 6 月、9 月、5 月及 4 月。

2. 嘉義機場地區午後雷暴系統閃電空間分布特性

由嘉義機場地區 4 月至 9 月逐月閃電資料分布圖（如圖 5 至圖 10）可知，在嘉義機場以東共計發生 201328 次，其中 IC 計發生 183556 次，CG 發生 17772 次；以西發生 45370 次，其中 IC 計發生 40936 次，CG 發生 4434 次，顯示在嘉義機場地區 CG 好發地區為嘉義機場東側地區，東側發

生閃電與西側發生閃電之比例為 81.6%及 18.4%。而由其中 4 月、6 月、7 月及 9 月多為東側地區，惟 8 月則在嘉義機場西南方有一發生密集區。

(二) 雲對地放電與雲中放電關聯分析

經篩選嘉義機場地區 4 月至 9 月午後對流個案(如表 3)進行閃電資料分析，可發現在表 3 所列個案 IC 與 CG 十分鐘累積逐時分布圖(如圖 11 至 39)可發現，CG 在 10 分鐘內發生 50 次之前，IC 十分鐘累積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。

四、結論與未來展望

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) 嘉義機場地區在午後對流發生時，IC 與 CG 比例為 10.98:1；(2) 嘉義機場午後對流個案以 7 月最高，8 月次之，其後依序為 6 月、9 月、5 月及 4 月；(3) 嘉義機場午後對流閃電發生區域以機場東側為主，惟 8 月在嘉義機場西南面有一好發區域；(4) CG 發生發生前，IC 均有突增情形，可作為 CG 預報前兆。

而本次研究因臺灣全方位閃電網測站剛建立，資料有限，後續將持續累積資料，以增加資料代表性，並加強午後對流閃電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，以了解對危安天氣發生的天氣系統特性，並與降雨分析進行相關性分析，以做為未來遇到雷暴系統之預報參考。

五、參考資料

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。

表 1 嘉義機場 2018 年夏半年閃電發生個案。

2018 年					
4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
12	8	1	1	1	1
13	9	2	2	2	2
15	11	4	3	3	4
23	16	5	7	4	5
	17	6	8	5	6
	23	7	12	6	7
	29	8	13	7	8
	30	9	14	8	12
		10	18	10	13
		11	19	11	15
		14	20	13	17
		16	21	14	19
		18	22	16	21
		19	24	17	23
		21	25	18	
		22	26	19	
		23	27	20	
		24	28	21	
		25	29	22	
		27	30	23	
		28		24	
		29			
		30			

表 2 嘉義機場 2018 年夏半年午後對流發生個案。

2018 年					
4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
23	11	2	7	4	1
	16	4	12	5	2
	30	5	13	6	4
		6	14	7	6
		7	18	8	7
		8	19	10	8
		16	20	11	13
		24	21	14	17
		25	22	19	19
		27	24	20	23
		28	25	21	
			26	22	
			27		
			28		

表 3 嘉義機場 2018 年夏半年午後對流發生個案。

2018 年					
4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
23	16	4	13	4	6
	30	7	14	5	7
		25	19	6	8
		27	20	14	17
		28	21	20	23
			22	21	
			24		
			25		
			26		
			27		

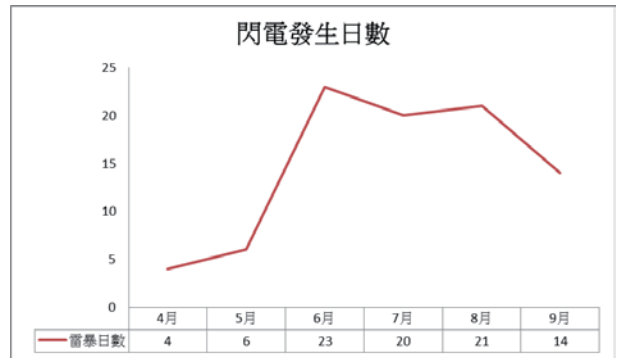


圖 1 嘉義機場地區閃電發生個案日數逐月分布圖。

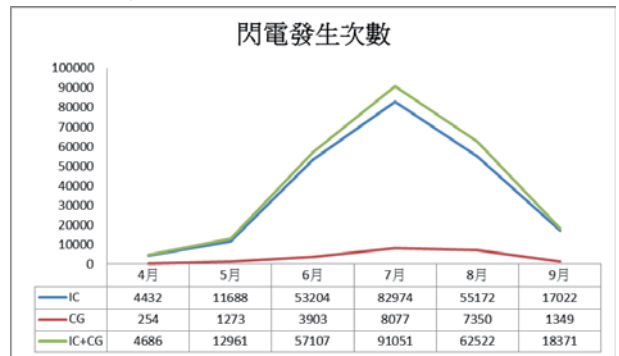


圖 2 嘉義機場地區閃電發生次數逐月分布圖。

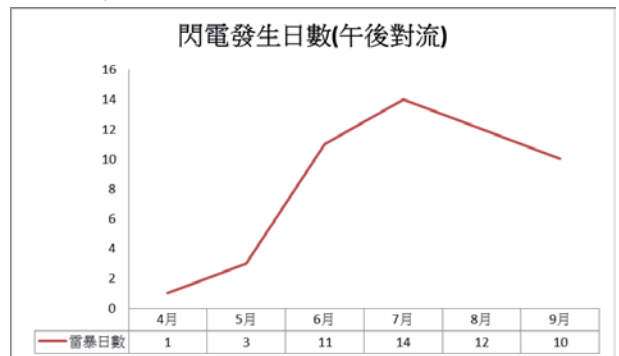


圖 3 嘉義機場地區午後對流發生個案日數逐月分布圖。

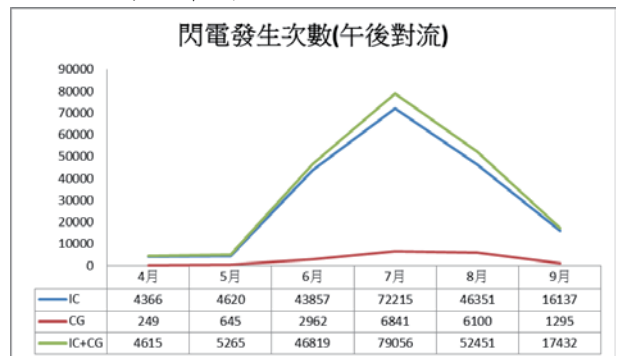


圖 4 嘉義機場地區午後對流發生個案閃電發生次數逐月分布圖。

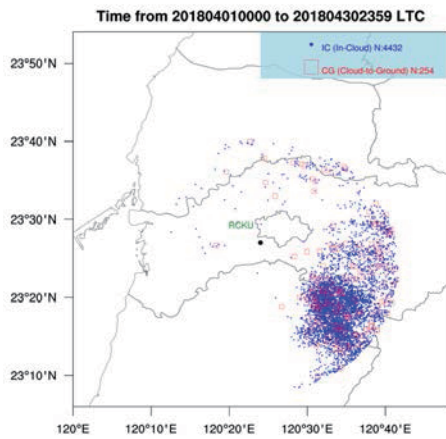


圖 5 嘉義機場地區 4 月閃電發生位置分布圖。

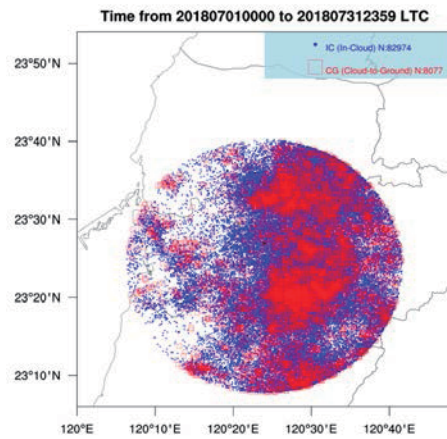


圖 8 嘉義機場地區 7 月閃電發生位置分布圖。

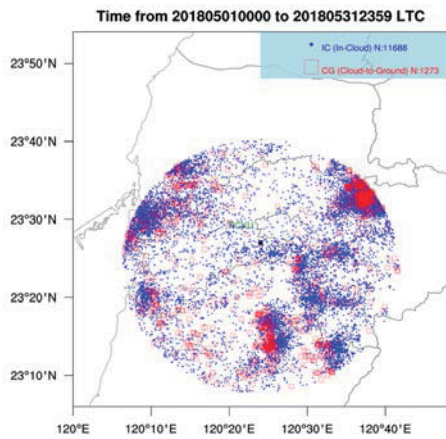


圖 6 嘉義機場地區 5 月閃電發生位置分布圖。

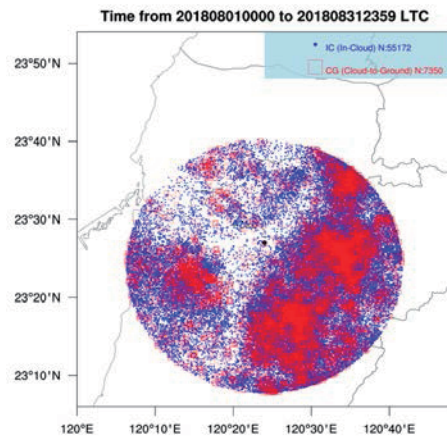


圖 9 嘉義機場地區 8 月閃電發生位置分布圖。

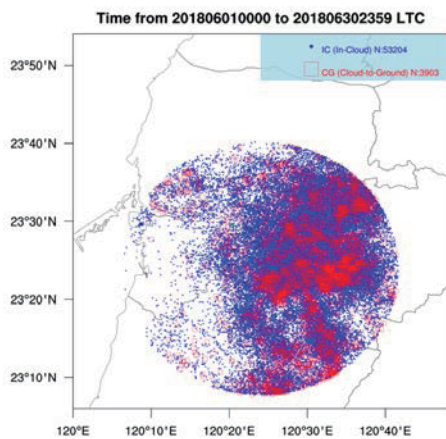


圖 7 嘉義機場地區 6 月閃電發生位置分布圖。

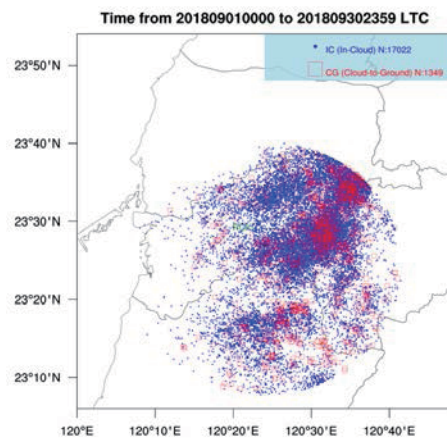


圖 10 嘉義機場地區 9 月閃電發生位置分布圖。

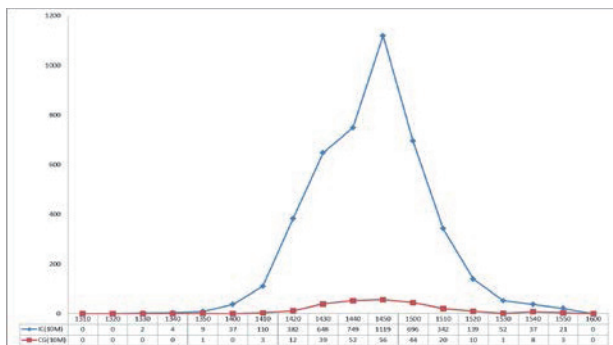


圖 11 嘉義機場地區 4 月 23 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

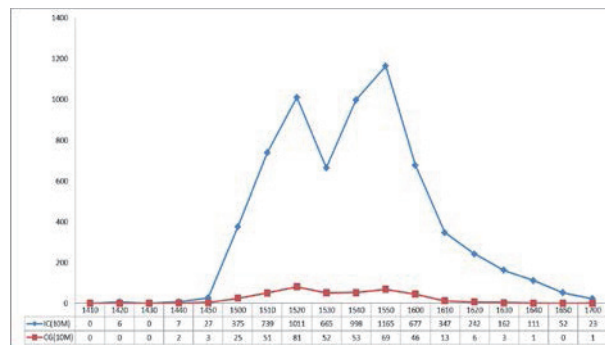


圖 15 嘉義機場地區 6 月 7 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

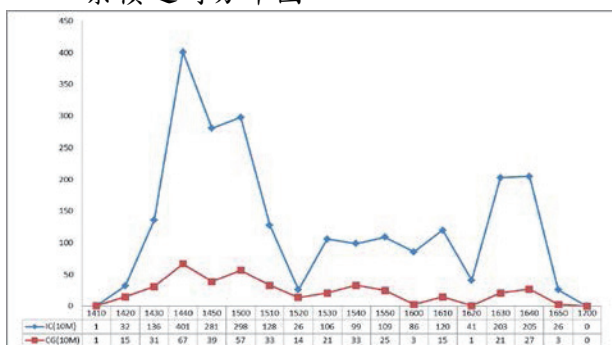


圖 12 嘉義機場地區 5 月 16 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

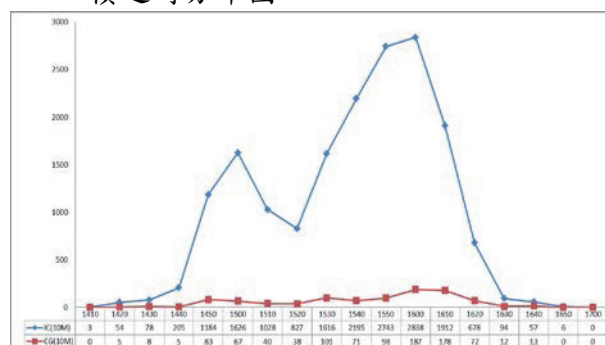


圖 16 嘉義機場地區 6 月 25 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

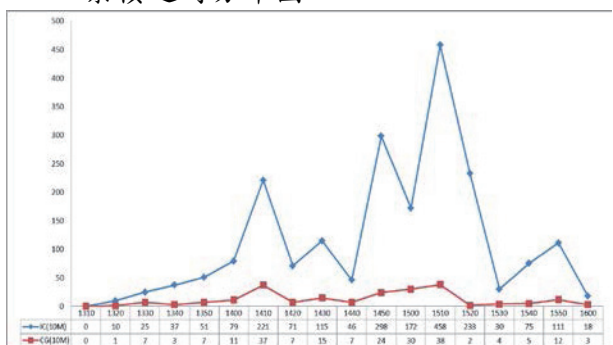


圖 13 嘉義機場地區 5 月 30 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

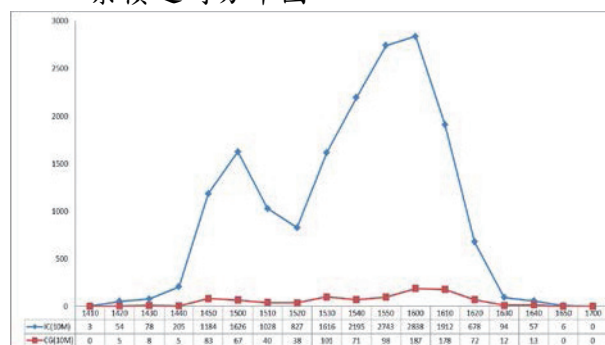


圖 17 嘉義機場地區 6 月 27 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

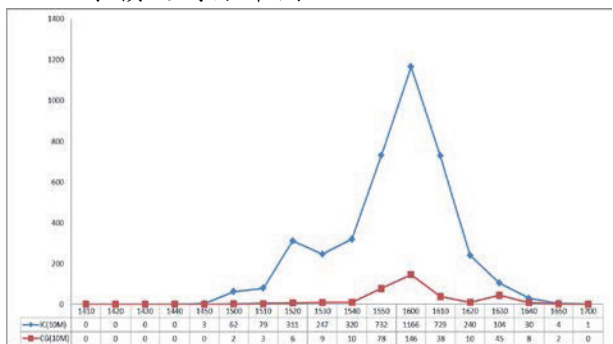


圖 14 嘉義機場地區 6 月 4 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

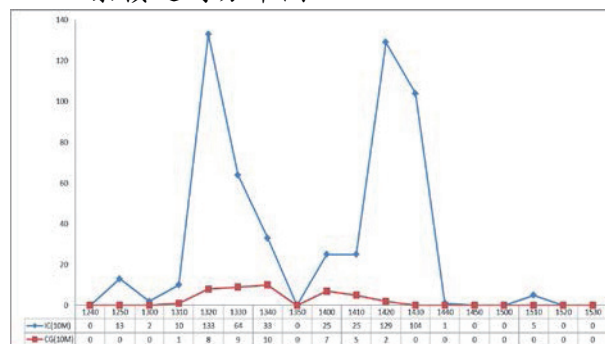


圖 18 嘉義機場地區 6 月 28 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

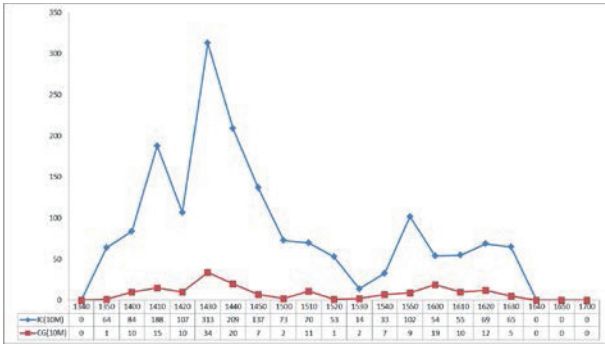


圖 19 嘉義機場地區 7 月 13 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

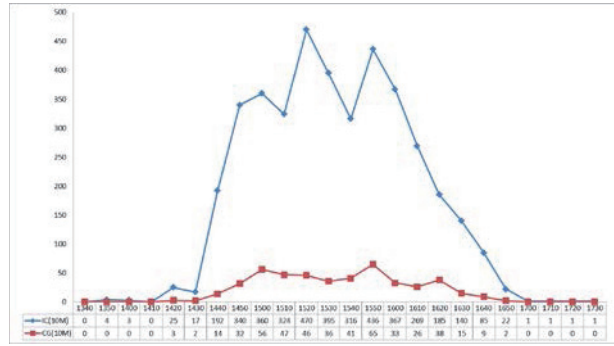


圖 23 嘉義機場地區 7 月 21 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

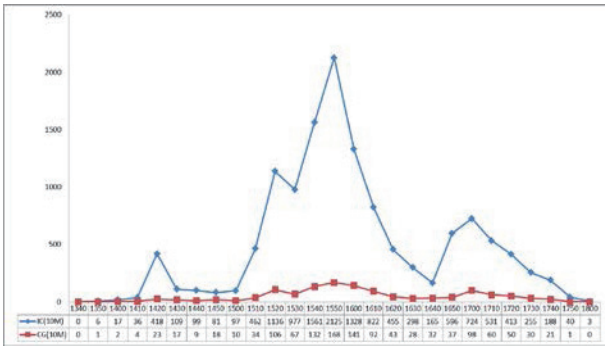


圖 20 嘉義機場地區 7 月 14 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

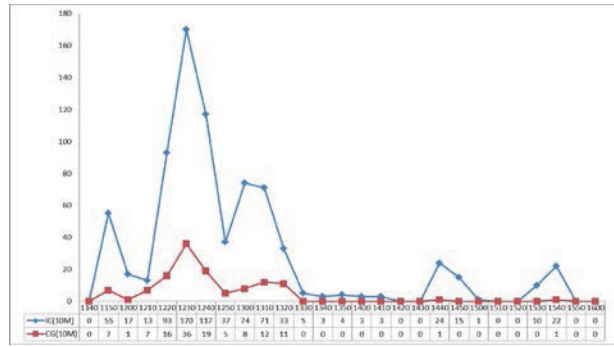


圖 24 嘉義機場地區 7 月 22 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

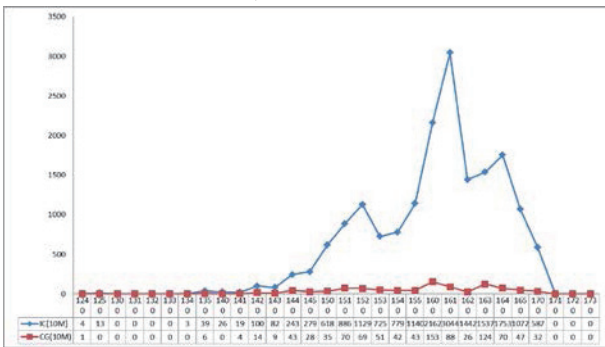


圖 21 嘉義機場地區 7 月 19 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

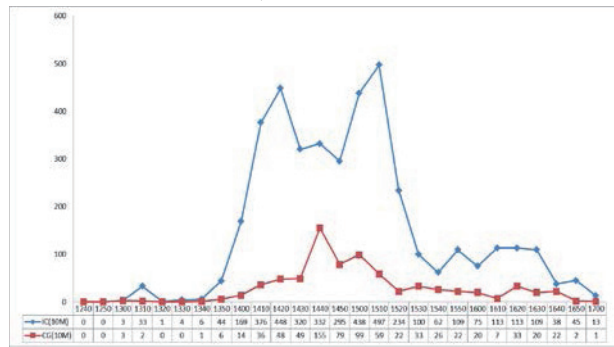


圖 25 嘉義機場地區 7 月 24 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

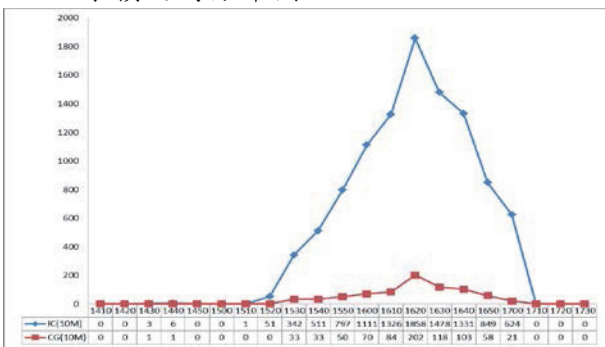


圖 22 嘉義機場地區 7 月 20 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

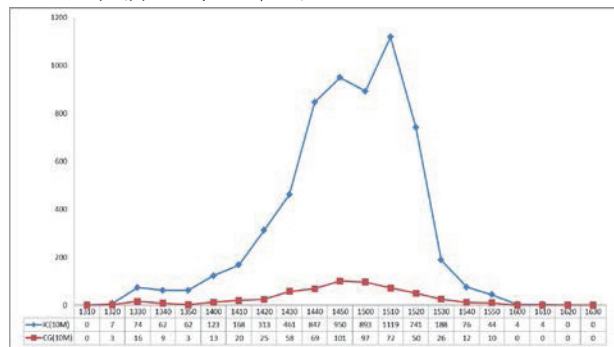


圖 26 嘉義機場地區 7 月 25 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

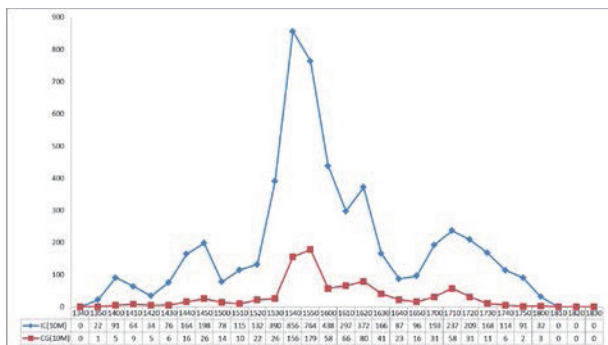


圖 27 嘉義機場地區 7 月 26 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

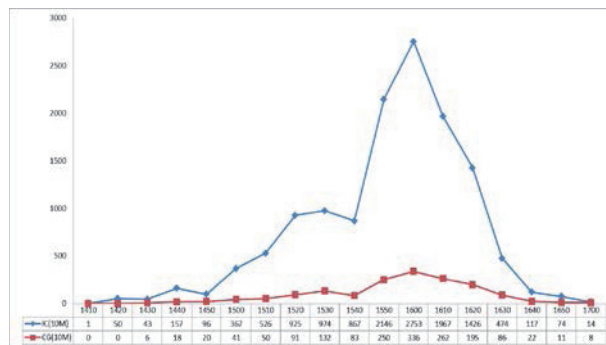


圖 31 嘉義機場地區 8 月 6 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

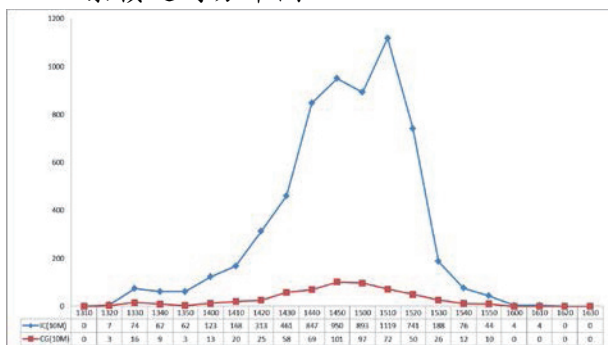


圖 28 嘉義機場地區 7 月 27 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

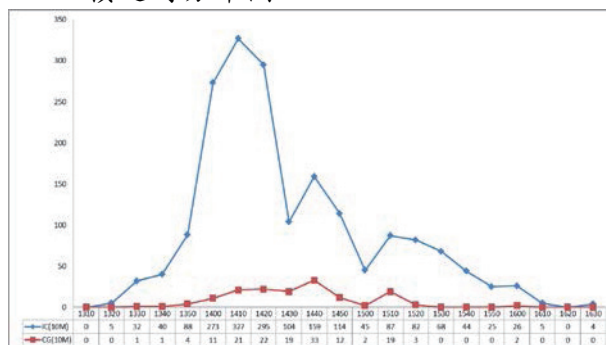


圖 32 嘉義機場地區 8 月 14 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

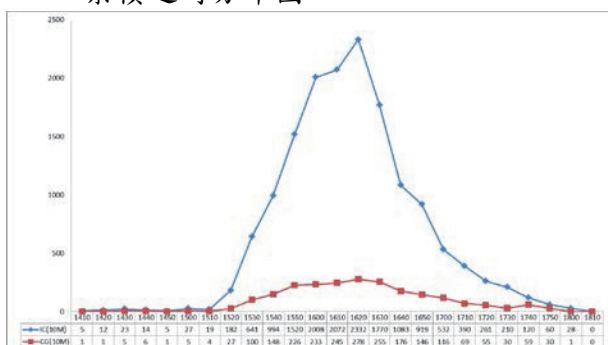


圖 29 嘉義機場地區 8 月 4 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

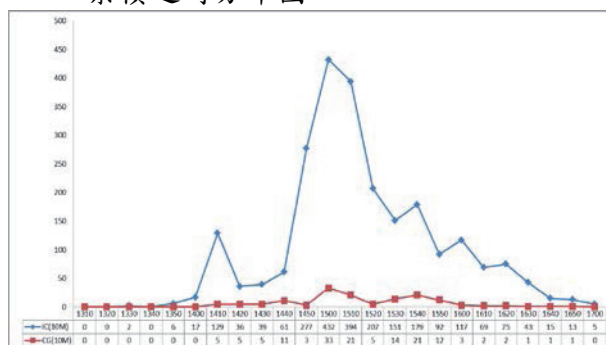


圖 33 嘉義機場地區 8 月 20 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

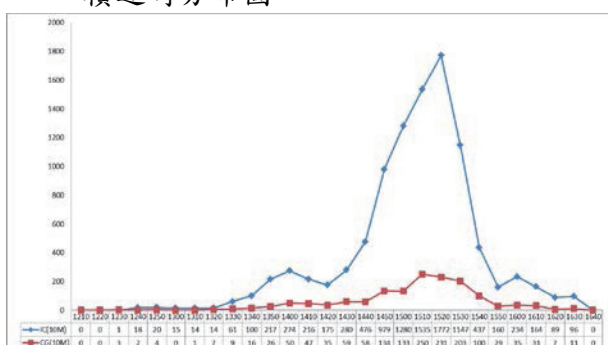


圖 30 嘉義機場地區 8 月 5 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

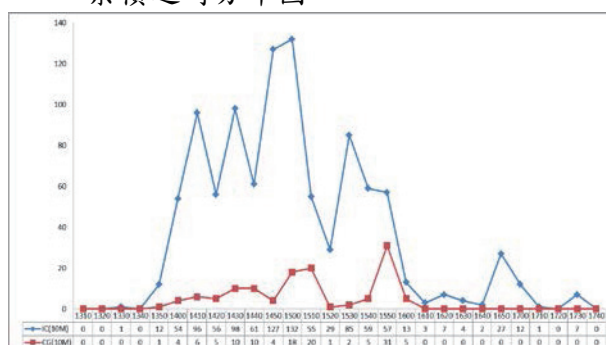


圖 34 嘉義機場地區 8 月 21 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

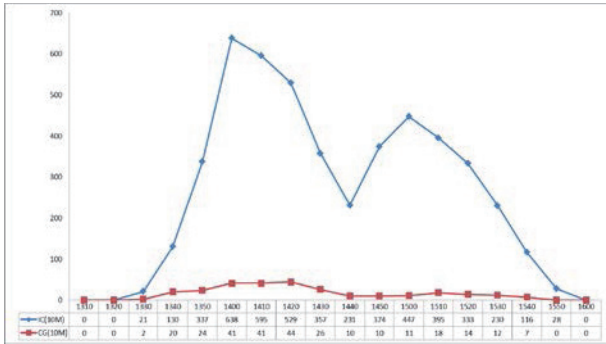


圖 35 嘉義機場地區 9 月 6 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

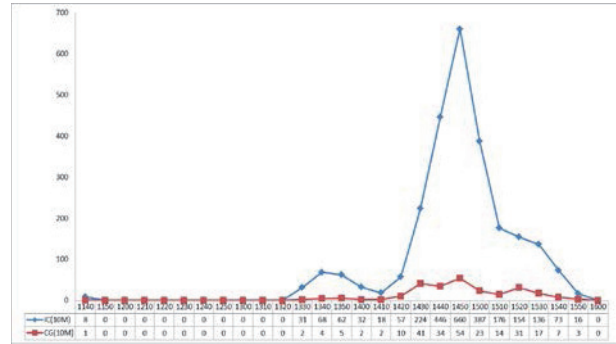


圖 39 嘉義機場地區 9 月 23 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

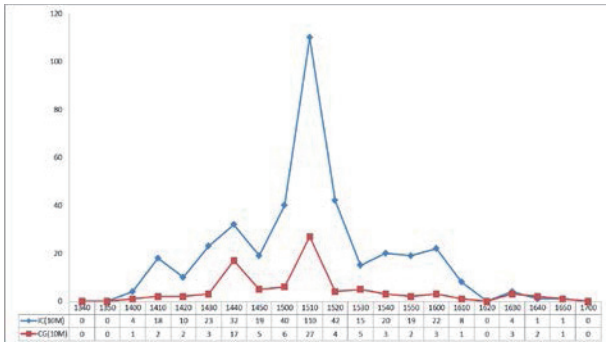


圖 36 嘉義機場地區 9 月 7 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

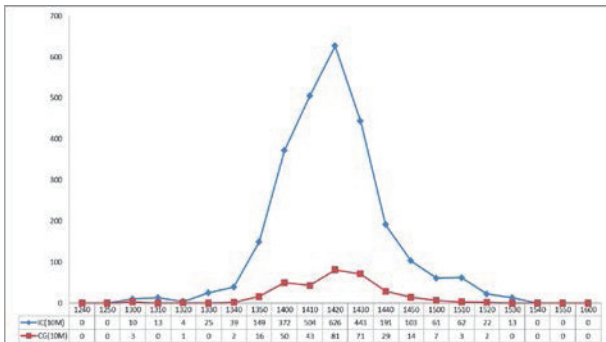


圖 37 嘉義機場地區 9 月 8 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。

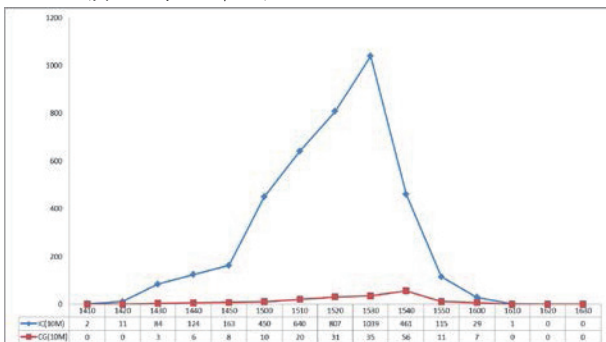


圖 38 嘉義機場地區 9 月 17 日閃電十分鐘累積逐時分布圖。