

閃電落雷偵測系統與人工雷雨胞觀測分析 中央氣象局106年天氣分析與預報研討會

劉郁青¹ 鄭龍聰¹

中央氣象局氣象衛星中心

摘要

為提升各機場航空站於劇烈天氣時之作業與旅客安全，中央氣象局(以下簡稱氣象局)自104年開始發展民航局專屬之客製化劇烈天氣監測系統(QPESUMS)，依據民航局提供之各機場位置資訊，發展每分鐘更新之自動化閃電落雷顯示及警示功能。為進一步瞭解閃電落雷偵測系統資料及現行各機場之人工雷雨胞觀測之特性，遂進行上述兩種資料之比對評估，期能兩種資料間的差異及相關性。本研究針對2016年3月至9月之落雷資料，採用民航局設定之標準，對時間窗區、距離、方位等條件進行一致性比對。由於人工之雷雨觀測是透過觀測員聽見雷聲或目視閃電或積雨雲之位置，配合雷達回波雷雨胞資訊，判斷雷雨的方位及距離，而落雷閃電偵測系統則是紀錄雷擊放電時所釋放之電磁波，兩者之偵測原理本質上的不同，可預期兩種方法所得之結果間必有不一致性，因此本研究將再分析兩種資料的空間分布及閃電型式，根據其異同，進一步探討人工雷雨胞觀測是否易受到地形影響及其對於雲間閃電(IC)和雲對地閃電(CG)的辨識率。初步結果顯示人工雷雨胞觀測主要以雲對地的閃電為主，相較於落雷自動觀測系統，能觀測到的閃電事件較少，且地形對人工雷雨胞觀測在方位判斷上的影響並不明顯。

關鍵字：客製化劇烈天氣監測系統(QPESUMS)、閃電落雷偵測系統、人工雷雨胞觀測

一、前言

閃電一般發生於對流活動劇烈的積雨雲中，是一種巨量電荷的釋放現象，無論對航行中的飛機的或是機場地面作業員都有很大的危害。為提供準確及即時之雷雨及閃電資訊，氣象局與民航局研商由氣象局發展專屬之客製化閃電落雷監測系統，以輔助其雷擊告警作業。為瞭解自動偵測系統對於民航局實際雷雨胞觀測作業的適用性，本研究採用民航局設定之觀測落雷標準，進行人工與自動落雷觀測之比對，探討兩種資料之間在時間和空間分布上的一致性。並藉由兩種資料在松山機場(RCSS)及桃園機場(RCTP)空間分布特徵的比較，探討地形對人工雷雨胞觀測的影響。

根據余(2014)「臺灣民航機場雷雨天氣作業介紹」中敘述，航空氣象臺進行雷雨天氣觀測的方式是透過觀測員目視及聽聲初步判斷閃電位置及距離，再利用民航局、氣象局及空軍等氣象單位的整合式氣象雷達資訊，判斷雷雨方向、距離、強度及結構。自動閃電落雷偵測系統主要是利用整合磁場側向定位(magnetic direction finders, MDF)及到達時間法(time of arrival, TOA)來進行閃電定位。目前氣

象局已在臺灣10個氣象站增設閃電偵測系統，5個在臺灣本島，另5個設在離島，而台灣電力公司(以下簡稱台電)則在臺灣本島設置8座閃電偵測系統，兩種閃電系統偵測的原理及規格不同，其規格比較及分布位置如表1。根據WMO的規範指出，至少需有4個偵測站都觀測到同一閃電事件，才算有效的定位。

雲間閃電是發生於不同雲區之間的放電現象，是眾多閃電類別中發生最頻繁的一種。因為雲間閃電不會到達地面，故不會對地面上的人構成威脅，但是卻對飛航安全有重大的影響。因此，本研究除一致性分析外，也會針對人工觀測對於雲間和雲對地閃電的辨識率作初步探討。

二、研究方法

本研究針對2016年3月至9月間的雷雨事件進行人工觀測與自動偵測系統的資料比對，比對的航空站為松山機場(RCSS)、桃園機場(RCTP)、高雄小港機場(RCKH)。閃電落雷偵測系統則是採用氣象局閃電偵測系統及台電整合型閃電偵測系統兩種資料。為了與民航局的人工雷雨胞觀測進行比較，本研究在時間窗區、方位及距離的條件限制皆採用民航局

設定之標準。在時間方面，取人工觀測到閃電的時間前5分鐘做為窗區，意即若是15:00發生的閃電事件，14:55-15:00都算符合。距離為以航空站為中心畫圓，距航空站0-3公里、3-8公里、8-16公里三個範圍。方位以八方位分析，民航局雷雨觀測資料的方位有分單一跟區間兩種，若是單一方位資料，則自動觀測落雷資料的配對方位範圍由此方位往左右延伸22.5度，例如方位為西方，則搜尋範圍為西南西到西北西，若方位為一區間範圍，則不延伸，只找範圍內符合的閃電事件。

本研究的一致性分析方法有兩種，第一種方法為以人工觀測資料為主，即人工觀測資料為A，落雷自動偵測系統資料為C，比對兩者相符合的資料為B，落雷自動觀測系統符合人工觀測之一致性計算方法為 $B/A*100\%$ ，第二種方法為以落雷自動偵測系統為主，人工觀測符合自動偵測之一致性的計算方法為 $B/C*100\%$ 。

本研究亦分析人工觀測對於雲間和雲對地閃電的辨識率，根據鄭等(2016)的研究指出，臺電及氣象局的落雷偵測系統由於接收頻率範圍的不同，臺電偵測的閃電形式主要為雲間閃電(IC)，而氣象局偵測的閃電形式主要為雲對地閃電(CG)。因此，本研究先將臺電的落雷資料視為雲間閃電，而氣象局的落雷資料視為雲對地閃電，比對人工觀測資料後，即可得到初步的人工觀測對於雲間和雲對地閃電的辨識率。在此必須注意，由於同一個閃電事件可能同時觀測到雲間及雲對地閃電，因此若比對人工觀測資料時，雲地及雲間閃電皆有資料，則將此筆資料視為雲對地閃電。

三、分析結果

(一) 一致性分析

以人工雷雨觀測資料為主，將氣象局與臺電的自動落雷偵測資料與RCTP、RCSS、RCKH三個航空站之人工雷雨觀測資料做比對，其結果如圖2a，當限制條件只取時間窗區前五分鐘，則一致性可達73-87%，意即自動落雷偵測資料可符合約八成的人工雷雨觀測資料。而當比對條件多增加距離或方位其中一種限制，則一致性為59-74%，若比對條件同時考慮時間窗區、距離及方位，則其資料一致性為39%-53%。從初步的一致性資料分析中，可發現當限制條件越多時，符合的資料數就減少，一致性越低，這是由於人工之雷雨天氣觀測和落雷閃電偵測系統的觀測方式本質上有很大的不同，因此資料之間會存在一定程度的差異。若針對人工雷雨報告有觀測到，但自動落雷系統沒有偵測到的閃電資料做分析，則其中距離為8-16公里的閃電資料佔76-86%，距離為3-8公里的閃電資料佔14-24%，距離

為0-3公里的閃電資料佔0-1%，進一步檢視其資料，可以發現8-16公里的人工觀測閃電資料，在自動落雷偵測系統中，有兩種情況，其一為自動站確無觀測到閃電，因此沒有閃電資料(圖3a)；另一種情況為自動站有觀測到閃電，但並無落於16公里的範圍內，因此沒有閃電紀錄(圖3b)。根據白等(2016)的研究顯示，人耳能夠聽到雷聲的平均距離為47.87公里，因此觀測員有可能是聽到16公里外的雷鳴聲，配合雷達回波觀測後，將閃電定於8-16公里範圍內。

以臺電及氣象局的自動落雷偵測系統為主，將人工雷雨觀測資料與其做比對，其結果如圖2b，當限制條件只取時間窗區前五分鐘，則一致性可達38-52%，意即人工雷雨觀測資料只能符合約四到五成的自動落雷偵測資料。而當比對條件多一種限制時，其一致性為12-15%，若同時考慮時間窗區、距離及方位三種條件時，其資料一致性為6%-9%。此結果顯示，人工雷雨觀測相較於落雷自動觀測系統，能觀測到的閃電事件較少。此結果也與白等(2016)的研究結果相符合。

(二) 人工觀測對 IC 和 CG 的辨識率

初步先將臺電的落雷資料視為IC的訊號，而氣象局的落雷資料視為CG的訊號，比對三個飛航站的人工觀測資料後，可得人工觀測到IC的比例為9%-22%，其中RCKH觀測到的IC比例較RCSS及RCTP高約10%，而人工觀測到CG的比例為52%-76%，其中RCKH觀測到CG的比例較RCSS及RCTP低約15-20%，顯示人工觀測到的閃電資料主要為雲對地閃電。但從自動落雷偵測系統的資料來看，臺電的落雷資料量遠大於氣象局的落雷資料，顯示IC的數量遠比CG來的多，因此人工觀測對於CG的辨識率較高，對於IC的辨識率較低。

(三) 地形對人工雷雨觀測的影響

由於松山機場位於臺北盆地，易受地形影響，而桃園機場則較平坦開闊，因此藉由比較RCSS及RCTP的自動與人工觀測資料的空間分布特徵(圖3及圖4)，探討地形對人工雷雨觀測的影響(自動落雷偵測以氣象局的資料為主)。結果顯示RCTP與RCSS之人工觀測的落雷方位相較於自動落雷偵測系統，在3-6月皆無法表現出東邊的落雷訊號，人工觀測的落雷資料到7-8月才有東邊的資料，與自動偵測系統的方位資料較為一致。此顯示RCSS及RCTP的自動與人工觀測資料的空間分布特徵無明顯不同，因此地形對人工觀測在方位判斷上的影響並不明顯。

在分析空間分布特徵時，需注意自動與人工觀測落雷資料在紀錄分鐘閃電率上的差異，當分鐘閃

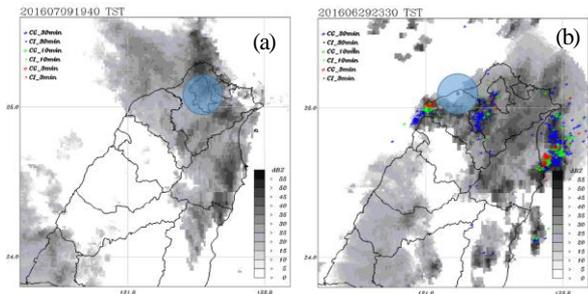


圖3、人工雷雨報告有觀測到，但自動落雷系統沒有偵測到的閃電資料，圖中藍色的點為航空站位置，藍色圈為半徑16公里的圓：情況(a)自動站確無觀測到閃電；(b)自動站有閃電記錄但並無落於16公里的範圍內。

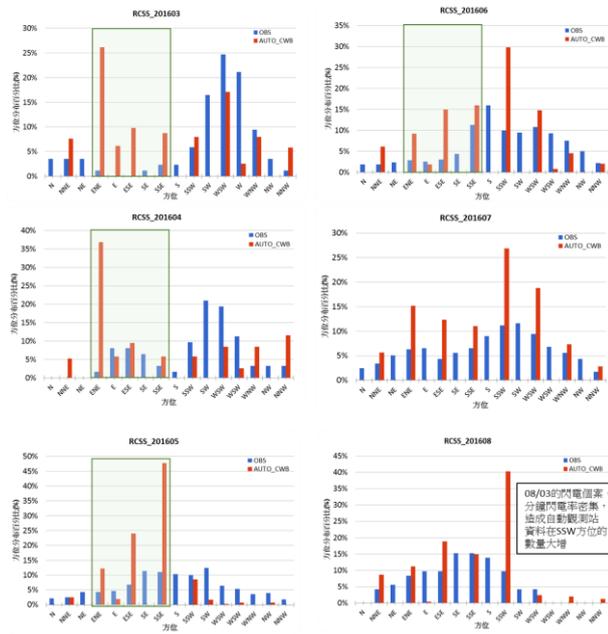


圖4、松山機場(RCSS)落雷之空間分布。

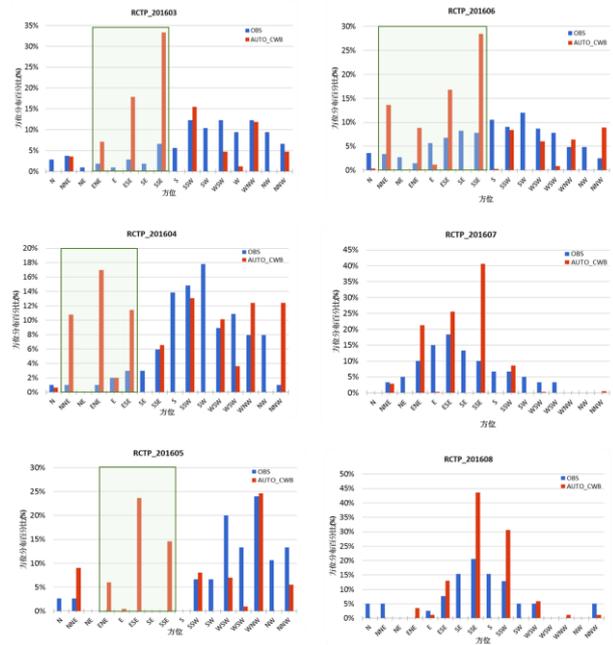


圖5、桃園機場(RCTP)落雷之空間分布。